

**EVALUACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y  
CONDICIONES ACTUALES DEL ACUÍFERO  
DE COATEPEC PLANTA EMBOTELLADORA  
PANANCO GOLFO, S.A DE C.V.  
COATEPEC, VERACRUZ.**

**SEPTIEMBRE DEL 2002**

## **CONTENIDO**

### **1.- INTRODUCCIÓN**

### **II.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **II.1.- Resumen**

#### **II.2.- Conclusiones**

#### **II.3.- Recomendaciones**

### **III.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **III.1.- Localización, extensión y vías de comunicación.**

#### **III.2.- Economía y poblados importantes**

#### **III.3.- Principales Características Fisiográficas**

##### **III.3.1.- Fisiografía**

##### **III.3.2.- Subcuenca del Río Papaloapan**

##### **III.3.3.- Hidrología.**

##### **III.3.4.- Piezometría.**

### **IV.- CENSO DE MANIFESTACIONES DE AGUAS SUPERFICIALES**

#### **IV.1.- Manantiales**

#### **IV.2.- Norias**

#### **IV.3.- Pozos**

#### **IV.4.- Dirección de Flujo Superficial**

### **V.- BALANCE HIDROLÓGICO**

## **VI.- CLIMATOLOGÍA**

### **VI.1.- Características del Clima**

### **VI.2.- Registros Climatológicos**

## **VII.- GEOLOGÍA**

### **VII.1.- Unidades Litológicas**

### **VII.2.- Geología Estructural**

### **VII.3.- Geomorfología**

### **VII.4.- Riesgo Ambiental**

## **VIII.- HIDROGEOQUIMICA**

### **VIII.1.- Análisis Físicoquímicos de Agua de Manantial**

### **VIII.2.- Análisis Físicoquímico de Agua de Río**

## **IX.- GEOFÍSICA**

### **XI.1.- Interpretación**

### **IX.- INTEGRACIÓN E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

## **X.- BIBLIOGRAFÍA**

## **I.- INTRODUCCIÓN**

La dinámica de crecimiento del aprovechamiento hidráulico del subsuelo de la Planta Embotelladora PANANCO GOLFO, situada en la ciudad de Coatepec, ha revestido gran interés, en el conocimiento del acuífero de la zona, ya que de este dependerá el funcionamiento y crecimiento futuro de la planta. Actualmente la Planta COCA COLA , cuenta con 4 pozos y un manantial los cuales en conjunto tienen un gasto de 39 lps, el cual es insuficiente para las necesidades de consumo.

Con el fin de conocer con mayor detalle el comportamiento hidrológico y disponibilidad de agua de la planta y sus alrededores, se propuso inicialmente una área de estudio de 100 kilómetros cuadrados, en la cual se considero como punto central las instalaciones de PANANCO Coatepec; sin embargo debido a la complejidad hidrológica y geológica de la zona, se extendió la superficie de estudio a 130 kilómetros cuadrados, incluyendo además las poblaciones de Teocelo, Xico, Pacho Nuevo, Estanzuela, Alborada, Bella Esperanza y Tunzaman.

Dentro de está área de estudio se pretende conocer, las condiciones actuales que guarda el acuífero de las instalaciones de PANANCO GOLFO Coatepec, así como las condiciones hidrogeológicas regionales de toda la zona, con la finalidad de establecer nuevos aprovechamientos.

El objetivo de éste estudio es dar a conocer las condiciones geohidrológicas, geofísicas, hidrogeoquímicas, calidades de agua y estructurales de las unidades litológicas que afloran en el área. Para definir el funcionamiento hidrológico del acuífero de la zona y programar la perforación de pozos dentro y fuera de la planta, que ayuden a satisfacer la demanda de este bital liquido.

## **II.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **II.1.- Resumen**

El estudio geohidrológico cubrió una superficie de 130 km<sup>2</sup>, tomando como punto central las instalaciones de la Embotelladora PANANCO GOLFO, S.A DE C.V., la cual se localiza en el Municipio de Coatepec, Ver.

Durante el levantamiento de campo se definieron los siguientes actividades: geología superficial, análisis estructural, características hidrológicas de las rocas, censo de puntos de agua y sus condiciones actuales, muestreo de agua para su análisis fisicoquimico.

Se realizaron 20 Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's) con aperturas máximas en electrodos de corriente de A/B= 2,000 metros, para estudiar una profundidad aproximada de 300 metros, distribuidos en sitios previamente seleccionados por geología y de está manera definir los diferentes acuíferos, sus espesores y distribución.

### **II.2.- Conclusiones**

El área de estudio se encuentra en la denominada Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánica, caracterizada, como una enorme masa de rocas volcánicas, con acumulación de numerosos y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario, hace unos 37 millones de años y han continuado hasta el presente o era Cuaternaria.

En el levantamiento geológico se definieron 8 unidades litológicas importantes; donde la más antigua del Cretácico Superior, Formación Guzmantla (Kz).- La formación trata de calizas micro o criptocristalinas, en general poco re cristalizadas; existen cerca de la base de esta formación, horizontes calcareníticos con matriz cristalina. La cristalización diferencial da origen a una estructura grumosa. Le sobreyacen arenas calcáreas y calcarenitas que le dan al afloramiento un aspecto de espuma. El afloramiento presenta una coloración amarillenta, muy deslizable y porosa, su espesor sobrepasa los 100 metros en éste sitio. Hidrológicamente está formación debido a su alta permeabilidad por fracturamiento, funciona como receptora y transmisora de las aguas pluviales y superficiales de la zona. Le sobreyacen depósitos del Grupo Chicontepec-Velasco (Oligoceno y Eoceno Superior).- formación de sedimentos clásticos en aguas poco profundas, compuestos en su mayor parte de arcillas interestratificadas por areniscas de poca potencia, incluye horizontes conglomeráticos y arenosos. Hidrológicamente está formación de rocas tiene una buena permeabilidad y pueden contener acuíferos de moderado a bajo rendimiento.

Les sobreyacen a estos depósitos Derrames Andesíticos-Basálticos (Tpsa).- Esta secuencia de rocas aflora al Sur, Suroeste y Este , constituye el basamento de la secuencia litológica del área de estudio. Su base está constituida por rocas andesíticas compactas en bloques, textura afanítica, de color gris claro, lo que hace que estas rocas sean impermeables. Estos afloramientos en la zona de estudio presentan gran compactación, que dan origen a grandes bloques fracturados verticalmente, que dan la apariencia de prismas basálticos, de mas de 1 metro de diámetro. La parte superior de estos derrames, presenta un agrietamiento en forma de grietas de desecación pero totalmente unidas y en ocasiones en bloques, se pueden apreciar sobre el cauce del Río Pixquiac, Pintores y Paso Limón. En las zonas de contacto entre estas rocas se observan escurrideros de bajo gasto. La edad que se les asigna a estas rocas es del Plioceno Medio- Superior.

**Hidrológicamente, esta unidad presenta una permeabilidad que varía de moderada a baja, debido a su constitución basáltica y que incluye fases brechoides y aglomeráticas, lo que permite constituir una formación transmisora del agua hacia el subsuelo. Sin embargo, la presencia de estratos de rocas altamente compactas e impermeables de andesitas, provoca que el agua escurra sobre éste estrato y muy poca se infiltre al subsuelo, solo en ocasiones se ve favorecida la permeabilidad secundaria en éste estrato por fracturas y puede actuar como roca sello del agua a superficial. Sobre éste tipo de rocas se han perforado los pozos en la planta PANANCO GOLFO S.A. de C.V., las cuales contienen un acuífero de bajo rendimiento, con un gasto mayor de 13 lps.**

Cubriendo a estos productos volcánicos se tienen, Tobas Vítreas, Tobas Arenosas y Arenas Pumicíticas ( Tptb), consideradas del Plioceno Superior afloran ampliamente en la parte Norte y Oeste del área de estudio; se han determinado como una secuencia alternante de flujos piroclásticos y tobáceos, cuya base está constituida por una secuencia de tobas vítreas, tobáceas y pumicíticas muy deslizables y permeables .

La parte media-superior de la secuencia está constituida por tobas vítreas y arenas pumicíticas con gran abundancia de cristales de cuarzo. Los fragmentos de roca que están incluidos dentro de estas tobas, corresponden a andesitas y basaltos de color oscuro.

**Sobre la base de estos derrames de tobas vítreas, arenosas y pumicíticas, fluyen la mayoría de los manantiales presentes en la zona y estos derrames contienen el acuífero superficial saturado con un rendimiento entre 1 y 15 lps..**

**Hidrologicamente esta secuencia de rocas, tienen una alta permeabilidad, por su constitución litológica arenosa permeable. Estas rocas pueden contener acuíferos de mediano rendimiento y su gasto mejora notablemente en el cruce de estructuras geológicas.**

**El basurero de El Atolon, se deposita sobre este tipo de productos, por lo que si continúan los lixiviados de la basura fluyendo a través de este medio granular, contaminarán este acuífero superficial, el cual es aprovechado aguas abajo para consumo humano.**

Sobreyaciendo a la unidad anterior se tienen, Derrames Andesíticos - Basálticos (Qiab), Geológicamente en esta área las rocas consideradas del Cuaternario Inferior: se han determinado como una secuencia alternante de flujos de derrames de andesitas que fluyeron al sur y sobre de ellos se localiza la población de Pacho Nuevo; su base está constituida por una secuencia de basaltos y andesitas en bloques, muy compactas e impermeables. Sobre la base de estos derrames volcánicos se localiza el manantial de Pacho Nuevo de más de 30 lps. Hidrologicamente esta secuencia, tiene una moderada permeabilidad, por su constitución litológica en bloques y brechas volcánicas. Estas rocas pueden contener acuíferos de alto rendimiento y su gasto mejora notablemente en el cruce de estructuras geológicas. Le cubren Derrames Andesíticos - Basálticos Cofre de Perote (Qsab), del Cuaternario Inferior afloran al Noroeste y Occidente del área de estudio y se derivaron del volcán Cofre de Perote, dando origen a amplios derrames de rocas y mesas alargadas, las cuales son disectadas por los cauces de arroyos y los ríos La Marina, Huehueyapan, etc. provocando la formación de pendientes abruptas y escarpadas.

Sobre la traza de una gran fractura de dirección NW 45°- 70°-85° SE hasta E-W, fluye el manantial de El Rancho El Roble. Hidrologicamente esta secuencia, tiene una alta permeabilidad por lajeamiento, pero no llega a contener acuíferos de importancia, por su constitución litológica. Estas rocas pueden contener acuíferos de bajo rendimiento y su gasto mejora notablemente en el cruce de estructuras geológicas.

Los derrames Cuaternarios, están constituidos por. Conos cineríticos, arenas y cenizas volcánicas ( Qsvc ), afloran en la parte Centro y Sur del área, siguiendo una burda alineación de Este a Oeste E-W y de Noreste a Suroeste NE-SW. Corresponde a seis pequeños volcanes cineríticos, denominados Cerros; San Marcos, Zinpizahua; Las Culebras; Grande y Malinche (PLANO 4). Presentan una topografía semicircular poco accidentada, con elevaciones entre 1,200 y 1,300 metros sobre el nivel del mar. Están constituidos principalmente por escorias, cenizas, arenas volcánicas. Hidrologicamente esta unidad de rocas contiene es buena transmisora del agua superficial al subsuelo. Esto es debido a la composición arenosa y granular que permite la rápida infiltración de cualquier fluido al subsuelo. Los depósitos recientes están constituidos por Suelos y aluviones.

Regionalmente se aprecian dos sistemas estructurales en la zona de estudio, de dirección NORTE-SUR (N-S) y NOROESTE-SURESTE (NW-SE). El sistema de dirección Norte-Sur; se observa en la parte Central - Norte del área y se manifiesta principalmente en los cauces de los Ríos Consolapa y Sordo. El río Consolapa que tiene un burdo alineamiento N-S, a la altura del puente Consolapa, cambia de nombre a Río Pixquiac y su orientación se modifica bruscamente al NW-SE. El Río Sordo igualmente viene en dirección N-S y 500 metros al oriente de la población de El Grande cambia su dirección al NW-SE.

El sistema regional predominante en el área de estudio, tiene una orientación general NW-SE; esta íntimamente relacionado y favorece a los cauces de los Ríos: La Marina, Pintores,

Paso Limón, San Andrés, Pixquiac y Sordo. La mayoría de los arroyos presentes en toda la zona, tienen esta misma orientación NW-SE. Este fracturamiento en las rocas, ha provocado la formación de barrancas escarpadas muy pronunciadas verticalmente, con desniveles de más de 300 metros, en algunas ocasiones, se presentan caídas libres en las rocas de más de 100 metros.

Las rocas sedimentarias, presentes en el área siguen un alineamiento en dirección NW-SE, lo que nos indica la dirección del plegamiento regional y la formación de fosas en las partes bajas del plegamiento. Las rocas calizas en el área, se encuentran fracturadas en dirección NE 22° SW y echados de 90° al W, estas fracturas llegan a medir hasta 0.50 metros de apertura. La planta embotelladora Pananco Golfo S.A de C.V., está limitada al norte por el cauce del río Pixquiac que sigue una falla geológica de dirección NW-SE.

La mayoría de los manantiales presentes en la zona de estudio, siguen una alineación general NW-SE y N-S.

Morfológicamente la zona de estudio, presenta una topografía abrupta provocada por grandes sierras alargadas de más de 300 metros de altura, provenientes de los derrames volcánicos del volcán Cofre de Perote, en la parte occidental del área.

La parte norte de la zona, se caracteriza por una morfología de lomas alargadas, con pendientes suaves de más de 100 metros de elevación, disectadas por arroyos y cauces de los ríos. La parte central y sureste del área, se manifiesta por la presencia de amplios derrames volcánicos, que dieron origen a amplias mesetas alargadas de topografía plana y disectadas por los cauces de los ríos Sordo, Paso Limón, San Andrés y Pintores, que provocaron la presencia de cañones abruptos en las rocas de más de 50 metros de desnivel.

La zona del basurero presenta una topografía alargada plana, con diferentes desniveles que van desde los 10 a los 100 metros. Estas lomas siguen una alineación paralela al río Consolapa.

Las corrientes principales en el área de estudio cruzan y drenan en toda el área de estudio y corresponden al Río Consolapa que sigue un rumbo general de Norte a Sur (N-S) y el cual a la entrada de Coatepec, Ver. cambia su dirección hacia el Noroeste-Sureste (NW-SE). **Este río aguas arriba, su calidad es buena y es utilizada para servicios de las casas y escuelas que se sitúan en sus márgenes, sin embargo paralelo a él, en la localidad del Atolon ( fuera del área de estudio), se sitúa el basurero de los municipios de Jalapa; Coatepec; Xico y poblaciones menores. En este sitio se depositan más de 300 toneladas diarias de basura y sus lixiviados se infiltran inmediatamente al subsuelo de tipo arenoso y es muy probable que fluyan hacia el Río Consolapa. Este río cambia su nombre a Río Pixquiac justamente donde cambia su dirección, debajo del puente Consolapan.**

El Río Sordo igualmente sigue una burda alineación de Norte a Sur (N-S) y en el poblado de El Grande se une al Río Pixquiac, para cambiar de dirección a Noroeste-Sureste (NW-SE), el río Sordo trae consigo todas las aguas residuales de la ciudad de Jalapa, Ver. y es uno de los ríos más contaminados. El Río San Andrés y Pintores tienen una orientación Noroeste-Sureste (NW-SE) y en ellos se descargan las aguas residuales de la ciudad de Coatepec, Ver. El Río La Marina, situado al occidente de Coatepec, Ver., proviene de las faldas de los derrames volcánicos del Cofre de Perote y el cual en la localidad de La Mascota, existen depósitos que se llenan al desviar el agua del río La Marina y surte de agua potable a toda la ciudad de Coatepec, Ver., con un consumo de 210 lps. El río lleva un gasto de 1.5 metros cúbicos de agua por segundo en época de lluvias y en el estiaje en época crítica, su gasto desciende hasta 200 lps, de los cuales toman 160 lps para bombearlos a la ciudad de Coatepec, Ver., y el río solo lleva 10 lps., por lo que se han tomado medidas de preservación

de los bosques en las laderas del Cofre de Perote, para evitar estos abatimientos tan grandes de gasto de agua.

En base a los niveles topográficos de los manantiales situados dentro del área de estudio, ya que estos en su mayoría surten de agua potable a las poblaciones y ciudades, se obtuvo la información piezométrica relativa a la profundidad de los diferentes niveles del acuífero superficial de la zona. La presencia de pozos en toda el área es muy escasa y solo existen 10 de ellos cuyas separaciones en ocasiones no superan los 500 metros y en otras las distancias son de más de 4 kilómetros.

En la configuración de las curvas de igual nivel estático o isopiezas, se observa que la dirección del **flujo superficial regional es de Noroeste a Sureste ( NW-SE). La parte Norte del área su dirección superficial es de Norte a Sur y cambia en la zona de Pacho Viejo a Noroeste-Sureste.**

Los lixiviados del basurero del Atolon fuera del área de estudio, viajan en dirección Nortesur, paralelo al curso del Río Consolapa y cambian de dirección al Noroeste-Suroeste.

**Con la finalidad de conocer el comportamiento hidrológico del área, se censaron un total de 36 sitios de agua, tanto superficial como subterránea; de los cuales se tienen 20 manantiales; 10 pozos profundos; 4 norias y 2 depósitos de agua.**

Durante los recorridos de campo, se obtuvo la información relativa de las características físicas y constructivas de las diferentes captaciones: todos los manantiales presentes suministran de agua potable a la ciudad de Coatepec, Ver. y poblaciones circundantes; los gastos en conjunto de todos los manantiales reportan 180.5 lps:

En la zona norte, noreste y centro del área, se presentan la mayor acumulación de aprovechamientos de agua. En Pacho Viejo se sitúan 6 manantiales con gastos que varían de 1 a 9 lps, todos ellos se sitúan en la base de derrames de tobas vítreas y arenosas (Tpstb). En la población de Pacho Nuevo, se presenta un gran manantial con un gasto aproximado de 30 lps, que fluye en la base de derrames de tipo andesítico en bloques ( Qiab). Este manantial es el de mayor gasto en la zona y en su base tiene un gran deposito de 10 x 30 x 2 metros y sirve para represar el exceso de agua.

El Manantial El Berral, situado al norte de la población El Grande y sobre el cauce norte del Río Pixquiac; fluye en la base de tobas vítreas y arenas de cuarzo (Tpstb). En este punto se presentan una serie de manantiales en una área de 10 x 15 metros, donde existen dos depósitos o zonas de extracción de agua, que surten a las poblaciones de El Grande; Las Lomas; Bella Vista; Zamapa; La Alborada; Estanzuela y La Orduña; éste manantial en conjunto tiene un gasto de 20 lps y suministra de agua potable.

El Manantial de la Col. Rafael Hernández Ochoa, se sitúa al sur del área y fluye en la base de derrames de andesitas y basaltos (Tpsab), aquí se sitúan dos depósitos de 4x3x1 metros y distribuyen agua a la población de Mahuixtlan, situada a 4.5 kilómetros de distancia en línea recta. Tiene un gasto de 15 lps.

Los manantiales que surten de agua potable a las poblaciones de Las Puentes y Zimpizahua, fluyen en la base de derrames de andesitas, basaltos (Tpsab) y tobas vítreas (Tpstb), El Manantial de Zimpizahua tiene un gasto de 10 lps y el de Las puentes de 2 lps.



Los manantiales localizados en El Rancho El Roble, propiedad del Sr. Roberto Letay, fluyen en fracturas en rocas andesíticas (Qsab), de rumbo NW 45°-70°-85° SE hasta E-W y tienen un gasto en conjunto de 7 lps. Las fracturas tienen una amplitud de 5 centímetros por donde fluye el agua. En éste lugar existe una cascada con una altura de 35 metros.

En la margen del Río Consolapa existe un manantial, el cual tiene un depósito de 7 x 12 x 3 metros de altura, el cual según los pobladores del lugar surte agua a la Planta Nestle, con un gasto de 40 lps. Este manantial es muy probable que se surta de agua del río Consolapa, ya que se localiza sobre su cauce.

El manantial de La Planta Embotelladora Pananco Golfo S.A de C.V., se localiza en la margen norte del río Pixquiatic y fluye en la base de derrames de tobas vítreas y arenas de cuarzo, tiene un gasto de 10 lps.

En el área de estudio, se visitaron 4 norias distribuidas en toda la zona, sus profundidades varían de 1 a 16 metros y su nivel estático oscila entre 0.30m a 14 metros, el gasto total en conjunto de todas éstas norias es de 2.5 lps..

En la zona de estudio se sitúan 10 pozos, cuyas profundidades varían de 20 a 400 metros y niveles estáticos entre 0.40 a 113 metros. Los gastos promedian entre 1 y 15 lps. Todos los pozos de la zona extraen del acuífero profundo un gasto total de 63.5 lps. Sin embargo tres de ellos los pozos 17, 32 y 33, aprovechan el acuífero superficial de la zona y sus profundidades varían de 20 a 38 metros.

En la planta embotelladora de PANANCO GOLFO S.A. de C.V., existen 5 pozos, cuyas separación en ocasiones no sobrepasan los 100 metros. Los Pozos 1 y 2 actualmente solo trabajan; 13 horas y 19 horas respectivamente, ambos presentan un gasto entre 5 y 6 lps.

Los pozos 2 y 4 situado al frente de la planta; si funcionan al mismo tiempo, después de 13 horas presentan interferencia entre ellos, lo que demuestra que su cono de abatimiento lo comparten. En ambos pozos su gasto ha descendido en más del 50%, con un aprovechamiento actual de 4.5 y 2.0 lps respectivamente.

El pozo 3 situado en la parte noreste de la planta, muy próximo al cauce del Río Pixquiatic, es el único que desde su construcción no ha bajado su gasto de 13 lps, con un nivel estático a los 98 metros un nivel dinámico a los 150 metros

Todos los pozos de la planta aprovechan el acuífero profundo de la zona, alojado en rocas de tipo andesítico y basáltico (Tpsab), el cual su gasto inicial en el año 1986 era de 13 lps aproximadamente y actualmente ha disminuido en un 50%, con un abatimiento en los niveles de los pozos 2 y 5 de 2.3 metros por año. **Esto nos demuestra que el acuífero profundo de la planta Pananco Golfo S.A de C.V. no tiene un gran gasto en los primeros 220 metros de profundidad y el existente no da más de 13 lps, con un abatimiento de 2.3 metros por año y un descenso en el gasto de los pozos hasta de más del 50%. Hidrológicamente las rocas que contienen éste acuífero profundo de la zona, están constituidas por andesitas muy compactas y basaltos poco fracturados, con una permeabilidad baja y una recarga regional igualmente baja. La permeabilidad en éste tipo de rocas se ve mejorada solo por fracturamiento en el subsuelo, tal como se observa en el pozo No 3, el cual conserva su gasto.**

Los pozos que se han perforado dentro de las instalaciones de Pananco Golfo S.A. de C.V., y cuyas profundidades son superiores a los 300 metros; específicamente el Pozo 4 ( 400 metros de profundidad) y 2 ( 340 metros de profundidad), después de los 220 metros de profundidad, han entrado a una secuencia de arenas y arcillas calcáreas.

as después de los 208 metros, las cuales en los registros eléctricos realizados a ambos pozos , esta secuencia de rocas reporta una resistividad del orden de los 15 Ohm-metro, muy atractiva para agua. Sin embargo, los pozos cuando se han aforado nunca han entrado a está secuencia de rocas, a pesar de contar con una mayor profundidad. Por lo que es necesario probar estás zonas en los pozos y tratar de mejorar los gastos.

El aprovechamiento del recurso agua, requiere cumplir con un objeto básico en el sistema hidrológico, esto es con la finalidad de garantizar una distribución racional del agua, adaptable a períodos de escasez y abundancia, que sustente el desarrollo económico de una región.

Por ello fue necesario contabilizar el aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas mediante pozos de uso potable, uso industrial y manantiales, además de contar con los datos históricos del registro de la red hidrométrica en el área.

Las lecturas de los gastos y niveles de los diferentes manantiales, se realizaron durante recorridos de campo, los volúmenes de extracción de los manantiales se estimó en función de los caudales de salida o tuberías y el tiempo de operación: por lo que a los que se destinan para agua potable o municipal, se les estimó un tiempo de operación de 12 horas diarias, durante 12 meses por año y a los manantiales que su uso es industrial se les estimó un tiempo de operación de 24 horas diarias, durante los 12 meses del año.

**La capacidad de extracción instalada de manantiales, cuyo uso es agua potable es de 130 lps y el volumen de extracción media anual es de 2'057,724 m<sup>3</sup>.**

**La capacidad de extracción de manantiales, cuyo uso es industrial es de 50 lps y el volumen de extracción media anual sería de 1'576,800 m<sup>3</sup>.**

**Si consideramos los volúmenes de extracción de los escurrideros y manantiales que provienen de las faldas del volcán Cofre de Perote y que drenan sus aguas al Río La Marina, al cual se le extrae agua para llenar depósitos de la planta de tratamiento de La Mascota y Tacajetes, para posteriormente suministrar, agua potable a la ciudad de Coatepec, Ver., la capacidad instalada de lo que se separa es de 220 lps; con un volumen de extracción anual de consumo promedio de 6'937,920 m<sup>3</sup>.**

**Los pozos, de uso industrial (4 en la planta Pananco Golfo S.A. de C.V. y uno en la planta Nestle), presentan una capacidad instalada de 43 lps; con un volumen de extracción anual de 1' 356,848 m<sup>3</sup>.**

**La suma de los volúmenes de extracción anual de agua de manantial y de pozo para su uso industrial es de 2' 932,848 metros cúbicos.**

De la suma de los datos anteriores se obtiene un volumen de extracción anual de:

**Extracción anual de manantiales = 2'057,724 m<sup>3</sup>**

**Extracción anual de Manantiales uso Industrial = 1'576,800 m<sup>3</sup>**

**Extracción anual de agua potable para Coatepec = 6'937,920 m<sup>3</sup>**

**Extracción de agua de pozo para uso industrial = 1'356,048 m<sup>3</sup>**

**Suma = 11'928,492 m<sup>3</sup>**

Si consideramos que los datos climatológicos de la estación Coatepec y Jalapa, Ver. tendremos que la precipitación promedio anual es de 1,200 mm anuales es decir que en un kilómetro cuadrado tendremos una lamina de agua de 1.20 metros y si consideramos la superficie total de estudio de 130 kilómetros cuadrados; tendríamos una precipitación total en toda el área de **156'000,000 metros cúbicos**.

**Por lo que si restamos el volumen total de extracción anual, al volumen de precipitación anual; tendremos un excedente de 144' 071,508 metros cúbicos. Es decir que del 100% del agua de precipitación, solo se aprovecha un 8% de esta y toda la demás se evapora y desplaza en los ríos hasta su desembocadura al mar.**

Con el objeto de relacionar la recarga que reciben los acuíferos por parte de la precipitación pluvial, se analizaron principalmente los registros de la Estación Climatológica de Coatepec, Ver., ubicada en la Unidad Deportiva Lic. Roberto Amoros Guiot, ubicada dentro del área de estudio, sin embargo también se analizaron los datos climatológicos de la estación Jalapa, Ver.

Dentro del área de estudio, el clima varia de acuerdo con la orografía y el índice pluviométrico; si se considera la clasificación de climas propuesta por Koppen, modificado por E. Garcia, el área presenta dos tipos de clima:

Semicalidos-Humedos.- Presente en los lugares con altitud promedio de 1,000 a 1,600 metros, donde las características físicas favorecen el desarrollo de condiciones semicálidas-húmedas y donde la temperatura media anual varia de 18° a 22°C.

Semifrio y Frío.- El clima semi frío húmedo con lluvias en verano se distribuye entre los 2,800 y 3,800 metros sobre el nivel del mar. en el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba. La temperatura media y la precipitación total anual fluctúan de 5° a 12°C y de 600 a 1,200 mm.

Se analizaron e interpretaron los datos de precipitación pluvial, temperatura, evapotranspiración de la estación climatológica de Coatepec Ver.,

De los datos obtenidos, se selecciono el periodo 1961-1999 y 2001-2002 hasta el mes de Julio del 2002., con una mayor importancia a los datos de precipitación pluvial fundamental en el estudio geohidrológico.

**ESTACIÓN SUPERVISADA COORDENADAS DATOS DISPONIBLES**

COATEPEC CNA N19°27.719" W96°57.049" 1961-1999 Y 2001-2002

La precipitación media anual calculada aritméticamente durante el periodo 1961 a 1999 es de 1,497 mm para el área de estudio.

La precipitación media anual calculada para el año 2001 es de 1,650.3 mm, para el área de estudio y en base a datos de la estación climatológica de Coatepec, Ver.

De acuerdo a datos de mediciones proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua para el periodo de Enero a Julio del año 2002, la precipitación acumulada anual en promedio es de 792 mm. **En base a los datos anteriores se consideró una precipitación media anual para el área de estudio de 1,200 mm.**

La distribución de la lluvia está controlada por la topografía; donde la precipitación más abundante en la zona montañosa, con registros de lluvia de 2,800 a 3,800 mm ( Cofre de Perote y Pico de Orizaba).

En relación a los datos de precipitación pluvial, de la estación Coatepec, Ver., se observa que el año con mayor precipitación fue 1980 con 2,015.4 mm y que los años 1978 y 1982 no se tomaron datos de todos los meses.

El año más lluvioso en el año 2001, fue el mes de Agosto con una precipitación de 320 mm.

### **II.3.- Recomendaciones**

### **III.- DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.**

#### **III.1.- Localización, extensión y vías de comunicación.**

La región del estudio hidrogeológico se localiza en la parte Sur-Este de la ciudad de Xalapa, Veracruz; dentro del municipio de Coatepec, Ver.; entre las coordenadas geográficas 19°24'08" - 19°24'11" y 19°29'32"- 19°29'36" de latitud Norte, 96°52'33" y 96°52'43" de longitud Oeste ( PLANO 1). Queda comprendida dentro de la Región Hidrológica # 28 " Papaloapan", Cuenca B Río Jamapa y otros. en la que ha sido subdividida la República Mexicana por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

La Embotelladora PANANCO GOLFO, S.A DE C.V. Planta Coatepec, se localiza en el camino Exhacienda San Miguel # 1986, Coatepec, Ver. Km 1.250 Carretera Coatepec - Las Trancas, Col La Libertad, Coatepec, Ver. Limita al Noroeste con la ciudad de Xalapa,Ver., al Sur con la población de Teocelo y al Oriente con las poblaciones de Estanzuela, Bella Esperanza y Tuzamapan. El área de estudio cubre una superficie de 130 Km<sup>2</sup>., tomando como punto de referencia el terreno donde se ubica la Planta Embotelladora COCA-COLA, Coatepec, Ver.

Como acceso principal al área se tiene la autopista Xalapa - Coatepec, la cual a la entrada a la ciudad de Coatepec, inicia una carretera pavimentada que comunica con la población de Las Trancas, este camino atraviesa a el área de estudio de Oriente a Poniente.

Existe además numerosas brechas, caminos de terracería y pavimentados, que intercomunican a pequeños núcleos de poblaciones en la zona. A demás en el área existe una vía férrea de importancia, la que comunica Xalapa - Jose Cardel, Ver.

### **III.2.- Economía y poblados importantes**

El principal núcleo de población lo representa la ciudad de Coatepec, Ver., donde además existen poblaciones importantes como son: Emilio F. Betancourt (San Marcos), Los Puentes, Ursulo Galvan, Mahuistlan, Zinpizahua, El Grande, Las Lomas, La Orduña, Campo Viejo , La Florida, Pacho Nuevo, Pacho Viejo, La Laguna Consolapan y Cuautémoc.

Estas áreas son importantes por su producción agropecuaria y en menor escala la ganadera. Su actividad principal es el campo, cuyos cultivos principales son ; planta de café y caña de azúcar y en menor escala, el cultivo de la papaya y el plátano.

### **III.3.- Principales Características Fisiográficas**

#### **III.3.1.- Fisiografía**

El área de estudio se encuentra en la denominada Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánica, caracterizada, como una enorme masa de rocas volcánicas, con acumulación de numerosos y sucesivos episodios volcánicos que se iniciaron a mediados del Terciario, hace unos 37 millones de años y han continuado hasta el presente o era Cuaternaria.

El área de estudio se caracteriza por la gran presencia y variedad de aparatos volcánicos de dimensiones variables tales como: Cerro San Marcos, Zinpizahua, Grande, Malinche y Las Culebras, que corresponden a pequeños Conos Cineríticos con elevaciones que varían de 1,200 a 1,300 metros sobre el nivel del mar. La parte Occidental de la zona, se caracteriza por la presencia de una topografía abrupta y escarpada, originada por el flujo de los derrames volcánicos originados del Volcán Cofre de Perote, los cuales siguen un burdo alineamiento NW-SE y originan valles intermontanos con pendientes abruptas de más de 200 metros de desnivel.

En la parte Centro - Suroeste de la zona en estudio, se encuentran topografías planas disectadas por los Ríos Pintores, Paso Limón, Sordo, San Andrés y Pixquiac, los cuales han originado desniveles escarpados de mas de 100 metros.

La parte Norte del área presenta una topografía accidentada, provocada por la presencia de rocas sedimentarias calizas, con una altura de 1,300 metros y flujos de derrames volcánicos que fluyeron al sur.

#### **III.3.2.- Cuenca del Río Jamapa y otros**

La Cuenca del Río Jamapa y otros forma parte de la “ Región Hidrológica RH 28 PAPALOAPAN”. Esta región abarca gran parte de la porción centro-sur de Veracruz, las corrientes que la integran tienen una disposición radial y paralela, controlada por las elevacio-

nes de las provincias Fisioográficas de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico ( Cofre de Perote y el Pico de Orizaba), así como por otros aparatos volcánicos de menores dimensiones y de sierras plegadas compuestas por rocas sedimentarias marinas. Las Cuencas que conforman son “ Papaloapan y Jamapa”.

La primera es una de las tres más importantes del país. Su corriente principal el río Papaloapan que tiene su origen en las serranías Oaxaqueñas, donde los ríos Tonto y Santo Domingo son los formadores principales. El Río Jamapa, escurriamiento de el cual toma su nombre la cuenca, nace en las faldas o costados del volcán Pico de Orizaba con la denominación de río Pantepec.

De las estaciones hidrométricas ubicadas en está región hidrológica , 37 quedan dentro del estado de Veracruz y reportan un gasto medio de 60.01 m<sup>3</sup>/seg (4), es decir el 11.37% del gasto total.

En la zona norte de la región se encuentra establecido el distrito de riego “ La Antigua y Actopan “, que se abastece de los ríos Jamapa, San Juan Pantacaya, Santa María y Actopan.

### **III.3.3.- Hidrología.**

Las corrientes principales en el área de estudio cruzan y drenan en toda el área de estudio y corresponden al Río Consolapa que sigue un rumbo general de Norte a Sur (N-S) (FOTOS 1,2,3,4) y el cual a la entrada de Coatepec, Ver. cambia su dirección hacia el Noroeste-Sureste ( NW-SE). Este río aguas arriba, su calidad es buena y es utilizada para servicios de las casas y escuelas que se sitúan en sus márgenes, sin embargo paralelo a el en la localidad el Atolon ( fuera del área de estudio), se situa el barrero de los municipios de Jalapa; Coatepec; Xico y poblaciones menores. En éste sitio se depositan más de 300 toneladas diarias de basura y sus lixiviados se infiltran inmediatamente al subsuelo de tipo arenoso y es muy probable que fluyan hacia el Río Consolapa. Este río cambia su nombre a Río Pixquiac justamente donde cambia su dirección, debajo del puente Consolapan (PLANO 2) (FOTOS 5,6,7,8,9).

El Río Sordo igualmente sigue una burda alineación de Norte a Sur (N-S) y en el poblado de El Grande se une al Río Pixquiac, para cambiar de dirección a Noroeste-Sureste (NW-SE), el río Sordo trae consigo todas las aguas residuales de la ciudad de Xalapa, Ver. y es uno de los ríos más contaminados (FOTOS 10,11,12,13 y 14). El Río San Andrés y Pintores tienen una orientación Noroeste-Sureste (NW-SE) y en ellos se descargan las aguas residuales de la ciudad de Coatepec, Ver.

El Río La Marina, situado al occidente de Coatepec, Ver., proviene de las faldas de los derrames volcánicos del Cofre de Perote y el cual en la localidad de La Mascota, existen depósitos que se llenan al desviar el agua del río La Marina y surte de agua potable a toda la ciudad de Coatepec, Ver., con un consumo de 210 lps. El río lleva un gasto de 1.5 metros cúbicos de agua por segundo en época de lluvias y en el estiaje en época crítica, su gasto descende hasta 200 lps, de los cuales toman 160 lps para bombearlos a la ciudad de Coatepec, Ver., y el río solo lleva 10 lps., por lo que se han tomado medidas de preservación de los bosques en las laderas del Cofre de Perote, para evitar estos abatimientos tan grandes de gasto de agua.

El Río Huehueyapan y Paso Limón fluyen igualmente en una dirección Noroeste-Sureste (NW-SE). **Todos los ríos de la zona de estudio fluyen paralelamente en dirección NW-SE ( PLANO 2).**

### **III.3.4.- Piezometría.**

En base a los niveles topográficos de los manantiales situados dentro del área de estudio, ya que estos en su mayoría surten de agua potable a las poblaciones y ciudades, se obtuvo la información piezométrica relativa a la profundidad de los diferentes niveles del acuífero superficial de la zona.

La presencia de pozos en toda el área es muy escasa y solo existen 10 de ellos cuyas separaciones en ocasiones no superan los 500 metros y en otras las distancias son de más de 4 kilómetros.

Con el fin de obtener una dirección del flujo del agua superficial, se configuraron los datos de posición topográfica y elevación de los manantiales ( PLANO 3), en donde se obtuvo la siguiente información:

En la configuración de las curvas de igual nivel estático o isopiezas, se observa que la dirección del **flujo superficial regional es de Noroeste a Sureste ( NW-SE). La parte Norte del área su dirección superficial es de Norte a Sur y cambia en la zona de Pacho Viejo a Noroeste-Sureste ( PLANO 3).**

Los lixiviados del basurero del Atolon fuera del área de estudio, viajan en dirección Nortesur, paralelo al curso del Río Consolapa y cambian de dirección al Noroeste-Suroeste.

Los niveles estáticos de los pozos, varían de 12 a 113 metros de profundidad y los niveles de las norias varían de .30 m a 14.60 metros.

## **IV.- CENSO DE MANIFESTACIONES DE AGUAS SUPERFICIALES**

Con la finalidad de conocer el comportamiento hidrológico del área, se censaron un total de 36 sitios de agua, tanto superficial como subterránea; de los cuales se tienen 20 manantiales; 10 pozos profundos; 4 norias y 2 depósitos de agua.

### **IV.1.- Manantiales**

Durante los recorridos de campo, se obtuvo la información relativa de las características físicas y constructivas de las diferentes captaciones: en la tabla 1 se puede apreciar, el gasto, posición geográfica y la elevación topográfica de cada uno de los manantiales (PLANO 4), todos los manantiales presentes suministran de agua potable a la ciudad de Coatepec, Ver. y poblaciones circundantes; los gastos en conjunto de todos los manantiales reportan 180.5 lps:

En la zona norte, noreste y centro del área, se presentan la mayor acumulación de aprovechamientos de agua. En Pacho Viejo se sitúan 6 manantiales con gastos que varían de 1 a 9 lps, todos ellos se sitúan en la base de derrames de tobas vítreas y arenosas (Tpstb) (FOTOS 15,16 y 17). En la población de Pacho Nuevo, se presenta un gran manantial con un gasto aproximado de 30 lps, que fluye en la base de derrames de tipo andesítico en bloques (Qiab), cuyos tamaños llegan a medir hasta 2 metros de diámetro. Este manantial es el de mayor gasto en la zona y en su base tiene un gran depósito de 10 x 30 x 2 metros y sirve para represar el exceso de agua (FOTOS 18,19 y 20).



El Manantial El Berral, situado al norte de la población El Grande y sobre el cauce norte del Río Pixquiac; fluye en la base de tobas vítreas y arenas de cuarzo (Tpstb). En éste punto se presentan una serie de manantiales en una área de 10 x 15 metros, donde existen dos depósitos o zonas de extracción de agua, que surten a las poblaciones de El Grande; Las Lomas; Bella Vista; Zamapa; La Alborada; Estanzuela y La Orduña; éste manantial en conjunto tiene un gasto de 20 lps y suministra de agua potable (FOTOS 21,22 y 23).

El Manantial de la Col. Rafael Hernández Ochoa, se sitúa al sur del área y fluye en la base de derrames de andesitas y basaltos (Tpsab), aquí se sitúan dos depósitos de 4x3x1 metros y distribuyen agua a la población de Mahuixtlan, situada a 4.5 kilómetros de distancia en línea recta. Tiene un gasto de 15 lps (FOTOS 24 y 25).

Los manantiales que surten de agua potable a las poblaciones de Las Puentes y Zimpizahua, fluyen en la base de derrames de andesitas, basaltos (Tpsab) y tobas vítreas (Tpstb), El Manantial de Zimpizahua tiene un gasto de 10 lps y el de Las puentes de 2 lps (FOTO 26 y 27).

Los manantiales localizados en El Rancho El Roble, propiedad del Sr. Roberto Letay, fluyen en fracturas en rocas andesíticas (Qsab), de rumbo NW 45°-70°-85° SE hasta E-W y tienen un gasto en conjunto de 7 lps. Las fracturas tienen una amplitud de 5 centímetros por donde fluye el agua. En éste lugar existe una cascada con una altura de 35 metros (FOTOS 28,29,30 y 31).

En la margen del Río Consolapa existe un manantial, el cual tiene un depósito de 7 x 12 x 3 metros de altura, el cual según los pobladores del lugar surte agua a la Planta Nestle, con un gasto de 40 lps. Este manantial es muy probable que se surta de agua del río Consolapa, ya que se localiza sobre su cauce (FOTOS 32 y 33).

El manantial de La Planta Embotelladora Pananco Golfo S.A de C.V., se localiza en la margen norte del río Pixquiac y fluye en la base de derrames de tobas vítreas y arenas de cuarzo, tiene un gasto de 10 lps (FOTO 34).

La mayoría de los manantiales se sitúan en tobas vítreas, arenas y pumicitas (Tpstb) y andesitas (Tpsab) (FOTOS 35,36,37,38,39,40,41,42 y 43)

**T A B L A 1**

No	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD (METROS)	N.E	N.D	Q	N	W	Z
1	MANANTIAL PACHO VIEJO	---	---	---	9	19°28.828"	96°55.282"	1,200
2	MANANTIAL PACHO VIEJO	---	---	---	1	19°28.648"	96°55.335"	1,950
3	MANANTIAL PACHO NUEVO	---	---	---	30	19°28.575"	96°52.801"	1,160
4	MANANTIAL EL BERRAL	---	---	---	20	19°26.240"	96°54.869"	1,060
5	MANANTIAL LA LAGUNA	---	---	---	4	19°29.180"	96°55.860"	1,240
8	MANANTIAL SAN MARCOS COL. RAFAEL HERNANDEZ O.	---	---	---	8	19°24.587"	96°57.619"	1,150
9	MANANTIAL AGUA BENDITA XICO	---	---	---	10	19°24.553"	97°00.845"	1,290
10	MANANTIAL ZINPIZAHUA	---	---	----	10	19°26.128"	96°57.352"	1,170
11	MANANTIAL LAS PUENTES	---	---	----	2	19°26.085"	96°57.396"	1,165
12	MANANTIAL LA LAGUNA	---	---	---	1	19°28.836"	96°55.537"	1,230
13	MANANTIAL LA LAGUNA	---	---	---	1	19°28.627"	96°55.561"	1,220

14	MANANTIAL LAS MAFAFAS PACHO VIEJO	---	---	---	1	19°29.137"	96°55.433"	1,220
18	MANANTIAL LA MALINCHE	---	---	---	0.5	19°27.739"	96°54.545"	1,210
20	MANANTIAL LAS HAYAS	---	---	---	1	19°28.000"	96°53.883"	1,185
21	MANANTIAL BOCA DE TIGRE	---	---	---	4	19°28.089"	96°55.529"	1,205
23	MANANTIAL CUAUTHÉMÓC	---	---	---	---	19°30.229"	96°59.423"	1,500
29	MANANTIAL PANANCO GOLFO S.A. DE C.V.	---	---	---	10	19°27.046"	96°56.445"	1,180
31	MANANTIAL LA COMUNIDAD	---	---	---	10	19°28.137"	96°58.000"	1,230
34	MANANTIAL NESTLE	---	---	---	40	19°28.049"	96°57.050"	1,200
35	RANCHO EL ROBLE	---	---	---	7	19°29.034"	96°59.656"	1,460

- No = Número de punto de agua + N.E. Nivel Estático
- + N.D. Nivel Dinámico + Q = Gasto en lps.
- + N = Coordenada geográfica + W = Coordenada geográfica
- + Z = Elevación en metros con respecto al nivel del mar.

#### IV.2.- Norias

En el área de estudio, se visitaron 4 norias distribuidas en toda la zona, sus profundidades varían de 1 a 16 metros y su nivel estático oscila entre 0.30m a 14 metros ( PLANO 4) ( TABLA 2), el gasto total en conjunto de todas estas norias es de 2.5 lps..

La noria situada en El Rancho El Diamante (No16) (FOTO 44), camino Pacho Viejo al Cerro La Malinche; tiene una profundidad de 1 metro y un nivel estático a 0.30 metros, muy superficial, que nos indica para esta zona un estrato superficial muy saturado de agua y un gasto de 1 lps.

En el camino antiguo pavimentado que va de Coatepec, Ver. a la ciudad de Jalapa, Ver., se localiza la noria Restaurante El Milagro (No 22) (FOTO 45), la cual presenta una profundidad de 6.0 metros; un nivel estático a los 3.40 metros y un gasto de 1 lps.

En la población de Mahuistlan, se sitúa una noria en la propiedad del Sr. Lorenzo Martínez, la cual nunca se agota, con una profundidad de 3.0 metros; nivel estático a 1.70 metros y un gasto mínimo de 1 lps.

En el camino de acceso a la planta Nestle vía La Florida-La Orduña, se sitúa la noria de mayor profundidad en la zona 16 metros, con un nivel estático a los 14.60 metros y un gasto de 1 lps (FOTO 46).

#### **T A B L A 2**

No	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD (METROS)	N.E	N.D	Q	N	W	Z
16	NORIA RANCHO EL DIAMANTE	1.0	0.30	---	.5	19°28.521"	96°54.923"	1,205

22	NORIA RESTAURANTE EL MILAGRO	6.0	3.4	---	.5	19°28.170"	96°56.801"	1,250
24	NORIA SR. LORENZO MARTÍNEZ	3	1.7	---	0.5	19°24.735"	96°55.052"	1,030
30	NORIA LA ESQUINA	16	14.6	---	1	19°27.773"	96°56.372"	1,220

- No = Número de punto de agua + N.E. Nivel Estático
- + N.D. Nivel Dinámico +Q = Gasto en lps.
- + N = Coordenada geográfica + W = Coordenada geográfica
- + Z = Elevación en metros con respecto al nivel del mar.

#### IV.3.- Pozos

En la zona de estudio se sitúan 10 pozos, cuyas profundidades varían de 20 a 400 metros y niveles estáticos entre 0.40 a 113 metros. Los gastos promedian entre 1 y 15 lps. Todos los pozos de la zona extraen del acuífero profundo un gasto total de 63.5 lps (Tabla 3). Sin embargo tres de ellos los pozos 17, 32 y 33 (PLANO 4), aprovechan el acuífero superficial de la zona y sus profundidades varían de 20 a 38 metros.

En la planta embotelladora de PANANCO GOLFO S.A. de C.V., existen 5 pozos, cuyas separación en ocasiones no sobrepasan los 100 metros. Los Pozos 1 y 2 actualmente solo trabajan; 13 horas y 19 horas respectivamente, ambos presentan un gasto entre 5 y 6 lps.

Los pozos 2 y 4 situado al frente de la planta; si funcionan al mismo tiempo, después de 13 horas presentan interferencia entre ellos, lo que demuestra que su cono de abatimiento lo comparten. En ambos pozos su gasto ha descendido en mas del 50%, con un aprovechamiento actual de 4.5 y 2.0 lps respectivamente.

El pozo 3 situado en la parte noreste de la planta, muy próximo al cauce del Río Pixquiac, es el único que desde su construcción no ha bajado su gasto de 13 lps, con un nivel estático a los 98 metros un nivel dinámico a los 150 metros

Todos los pozos de la planta aprovechan el acuífero profundo de la zona, alojado en rocas de tipo andesítico y basáltico (Tpsab), el cual su gasto inicial en el año 1986 era de 13 lps aproximadamente y actualmente ha disminuido en un 50%, con un abatimiento en los niveles de los pozos 2 y 5 de 2.3 metros por año. **Esto nos demuestra que el acuífero profundo de la planta Pananco Golfo S.A de C.V. no tiene un gran gasto en los primeros 220 metros de profundidad y el existente no da más de 13 lps, con un abatimiento de 2.3 metros por año y un descenso en el gasto de los pozos hasta de más del 50%.**

**Hidrológicamente las rocas que contienen éste acuífero profundo de la zona, están constituidas por andesitas muy compactas y basaltos poco fracturados, con una**

permeabilidad baja y una recarga regional igualmente baja. La permeabilidad en éste tipo de rocas se ve mejorada solo por fracturamiento en el subsuelo, tal como se observa en el pozo No 3, el cual conserva su gasto.

Los pozos que se han perforado dentro de las instalaciones de Pananco Golfo S.A. de C.V., y cuyas profundidades son superiores a los 300 metros; específicamente el Pozo 4 ( 400 metros de profundidad) y 2 ( 340 metros de profundidad) , después de los 220 metros de profundidad, han entrado a una secuencia de arenas y arcillas calcáreas después de los 208 metros, las cuales en los registros eléctricos realizados a ambos pozos , esta secuencia de rocas reporta una resistividad del orden de los 15 Ohm-metro, muy atractiva para agua.

Sin embargo, los pozos cuando se han aforado nunca han entrado a esta secuencia de rocas, a pesar de contar con una mayor profundidad. Por lo que es necesario probar estas zonas en los pozos y tratar de mejorar los gastos.

El pozo No 15 situado en el Centro Penitenciario de Pacho Viejo - Cerezo Zona 1 Xalapa, Ver., tiene una profundidad de 150 metros; nivel estático a 18 metros y un gasto de 4 lps (FOTO 47).

El pozo Rancho La Malinche No 17, tiene una profundidad de 20 metros, nivel estático a los 12 metros y un gasto de 15 lps. Este pozo está perforado en tobas vítreas y arenas de cuarzo (Tpstb) (FOTO 48).

El pozo situado en el Fraccionamiento San Pedro, camino La Florida, tiene una profundidad de 30 metros, entubado en tubo P.V.C. de 7" pulgadas, con un nivel estático a los .40 metros y un gasto de 1 lps (FOTO 49 y 50).

En el camino Coatepec - Xalapa, Ver., se localiza la Fabrica de Muebles Lego, donde existe un pozo, entubado en P.V.C. de 4" con una profundidad de 38 metros y un nivel estático a los 17 metros. Tiene un gasto en promedio de 2 lps y se encuentra fuera de uso.

La Planta Nestle, que colinda en su parte norte con los terrenos de la Planta Pananco Golfo S.A. de C.V., tiene un pozo con una profundidad de 200 metros, nivel estático a los 110 m y un gasto de 13 lps.

**T A B L A 3**

No	LOCALIZACIÓN	PROFUNDIDAD (METROS)	N.E	N.D	Q	N	W	Z
15	POZO CENTRO PENITENCIARIO PACHO VIEJO	150	18	---	4	19°28.772"	96°54.993"	1,230
17	POZO RANCHO LA MALINCHE	20	12	---	5	19°27.817"	96°54.528"	1,210
19	POZO CERRO LA MALINCHE	200	19	---	---	19°28.048"	96°54.189"	1,190
25	POZO COCA-COLA No 2	340	103	178	6.5	19°27.132"	96°56.611"	1,200
26	POZO COCA-COLA No 4	400	---	---	2	19°27.102"	96°56.584"	1,195
27	POZO COCA COLA No 1	221.85	113	170	5.5	19°27.301"	96°56.532"	1,205
28	POZO COCA-COLA No 3	217.75	98	150	13	19°27.046"	96°56.445"	1,180
32	POZO FRACC. SAN PEDRO	30	0.4	---	1	19°27.996"	96°56.477"	1,230
33	POZO MUEBLES LEGO	38	17	---	.5	19°28.235"	96°56.666"	1,230

36	POZO NESTLE	200	110	150	13	---	---	---
----	-------------	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----

•No = Número de punto de agua + N.E. Nivel Estático

+ N.D. Nivel Dinámico +Q = Gasto en lps.

+ N = Coordenada geográfica + W = Coordenada geográfica

+ Z = Elevación en metros con respecto al nivel del mar.

Existen en el área de estudio dos zonas de depósito y captación de agua, que suministran de agua potable a la ciudad de Coatepec, Ver., denominadas La Mascota y Tecajestes (FOTOS 51,52 y 53).

#### IV.4.- Dirección de Flujo Superficial

**En base a la configuración de isovalores de los manantiales censados en toda el área de estudio se obtuvo que la dirección del Flujo Superficial es de Noroeste a Sureste (NW-SE) (PLANO 3) y al configurar los datos de niveles estáticos con respecto a los desniveles topográficos se encontró que la dirección del flujo subterráneo es en la misma dirección que el flujo superficial NW-SE de Noroeste a Sureste.**

#### V.- BALANCE HIDROLÓGICO

El aprovechamiento del recurso agua, requiere cumplir con un objeto básico en el sistema hidrológico, esto es con la finalidad de garantizar una distribución racional del agua, adaptable a períodos de escasez y abundancia, que sustente el desarrollo económico de una región.

Por ello fue necesario contabilizar el aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas mediante pozos de uso potable, uso industrial y manantiales, además de contar con los datos históricos del registro de la red hidrométrica en el área.

Las lecturas de los gastos y niveles de los diferentes manantiales, se realizaron durante recorridos de campo, los volúmenes de extracción de los manantiales se estimó en función de los caudales de salida o tuberías y el tiempo de operación: por lo que a los que se destinan para agua potable o municipal, se les estimó un tiempo de operación de 12 horas diarias, durante 12 meses por año y a los manantiales que su uso es industrial se les estimó un tiempo de operación de 24 horas diarias, durante los 12 meses del año.

**La capacidad de extracción instalada de manantiales, cuyo uso es agua potable es de 130 lps y el volumen de extracción media anual es de 2'057,724 m<sup>3</sup>.**

**La capacidad de extracción de manantiales, cuyo uso es industrial es de 50 lps y el volumen de extracción media anual sería de 1'576,800 m<sup>3</sup>.**

Si consideramos los volúmenes de extracción de los escurrideros y manantiales que provienen de las faldas del volcán Cofre de Perote y que drenan sus aguas al Río La Marina, al cual se le extrae agua para llenar depósitos de la planta de tratamiento de La Mascota y Tacajetes, para posteriormente suministrar, agua potable a la ciudad de Coatepec, Ver., la capacidad instalada de lo que se separa es de 220 lps; con un volumen de extracción anual de consumo promedio de 6'937,920 m<sup>3</sup>.

Los pozos, de uso industrial (4 en la planta Pananco Golfo S.A. de C.V. y uno en la planta Nestle), presentan una capacidad instalada de 43 lps; con un volumen de extracción anual de 1' 356,848 m<sup>3</sup>.

La suma de los volúmenes de extracción anual de agua de manantial y de pozo para su uso industrial es de 2' 932,848 metros cúbicos.

De la suma de los datos anteriores se obtiene un volumen de extracción anual de:

Extracción anual de manantiales = 2'057,724 m<sup>3</sup>

Extracción anual de Manantiales uso Industrial = 1'576,800 m<sup>3</sup>

Extracción anual de agua potable para Coatepec = 6'937,920 m<sup>3</sup>

Extracción de agua de pozo para uso industrial = 1'356,048 m<sup>3</sup>

**Suma = 11'928,492 m<sup>3</sup>**

Si consideramos que los datos climatológicos de la estación Coatepec y Jalapa, Ver. tendremos que la precipitación promedio anual es de 1,200 mm anuales es decir que en un kilómetro cuadrado tendremos una lamina de agua de 1.20 metros y si consideramos la superficie total de estudio de 130 kilómetros cuadrados; tendríamos una precipitación total en toda el área de **156'000,000 metros cúbicos**.

Por lo que si restamos el volumen total de extracción anual, al volumen de precipitación anual; tendremos un excedente de 144' 071,508 metros cúbicos. Es decir que del 100% del agua de precipitación, solo se aprovecha un 8% de esta y toda la demás se evapora y desplaza en los ríos hasta su desembocadura al mar.

## VI.- CLIMATOLOGÍA

Con el objeto de relacionar la recarga que reciben los acuíferos por parte de la precipitación pluvial, se analizaron principalmente los registros de la Estación Climatológica de Coatepec,

Ver., ubicada en la Unidad Deportiva Lic. Roberto Amoros Guiot, ubicada dentro del área de estudio, sin embargo también se analizaron los datos climatológicos de la estación Jalapa, Ver.

### VI.1.- Características del Clima

En el estado de Veracruz, es amplia no obstante que el estado se localiza en la franja inter-tropical, debido principalmente a las diferencias de altitud; que van desde el nivel del mar hasta la máxima altura del país (5,610 m.s.n.m), en el volcán Pico de Orizaba.

Dentro del área de estudio, el clima varía de acuerdo con la orografía y el índice pluviométrico; si se considera la clasificación de climas propuesta por Koppen, modificado por E. García, el área presenta dos tipos de clima:

Semicalidos-Húmedos.- Presente en los lugares con altitud promedio de 1,000 a 1,600 metros, donde las características físicas favorecen el desarrollo de condiciones semicálidas-húmedas y donde la temperatura media anual varía de 18° a 22°C.

Semifrío y Frío.- El clima semi frío húmedo con lluvias en verano se distribuye entre los 2,800 y 3,800 metros sobre el nivel del mar. en el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba. La temperatura media y la precipitación total anual fluctúan de 5° a 12°C y de 600 a 1,200 mm.

### VI.2.- Registros Climatológicos

Se analizaron e interpretaron los datos de precipitación pluvial, temperatura, evapotranspiración de la estación climatológica de Coatepec Ver.,

En la tabla siguiente se enumeran los datos de registro y periodos de operación de la estación climatológica.

De los datos obtenidos, se seleccionó el periodo 1961-1999 y 2001-2002 hasta el mes de Julio del 2002., con una mayor importancia a los datos de precipitación pluvial fundamental en el estudio geohidrológico.

#### ESTACIONESUPERVISADACOORDENADAS DATOS DISPONIBLES

COATEPEC CNA N19°27.719" W96°57.049" 1961-1999 Y 2001-2002

La precipitación media anual calculada aritméticamente durante el periodo 1961 a 1999 es de 1,497 mm para el área de estudio.

La precipitación media anual calculada para el año 2001 es de 1,650.3 mm, para el área de estudio y en base a datos de la estación climatológica de Coatepec, Ver.

De acuerdo a datos de mediciones proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua para el periodo de Enero a Julio del año 2002, la precipitación acumulada anual en promedio es de 792 mm. **En base a los datos anteriores se consideró una precipitación media anual para el área de estudio de 1,200 mm.**

La distribución de la lluvia está controlada por la topografía; donde la precipitación más abundante en la zona montañosa, con registros de lluvia de 2,800 a 3,800 mm ( Cofre de Perote y Pico de Orizaba).

En relación a los datos de precipitación pluvial, de la estación Coatepec, Ver., se observa que el año con mayor precipitación fue 1980 con 2,015.4 mm y que los años 1978 y 1982 no se tomaron datos de todos los meses.

El año más lluvioso en el año 2001, fue el mes de Agosto con una precipitación de 320 mm.

## VII.- GEOLOGÍA

### VII.1.- Unidades Litológicas

Las unidades litológicas aflorantes en la zona de estudio varían tanto en su naturaleza, composición y edad. Su origen es sedimentario e ígneo extrusivo, cuyas edades fluctúan del Cretácico al Reciente.

Las características físicas de las rocas se relacionan a su origen y sus permeabilidades disminuyen o aumentan debido a la forma de depósito.

En el PLANO 4 Geológico-Estructural, se pueden observar las unidades litológicas que han sido cartografiadas y que conforman el marco geológico del área de estudio, que cubrió una superficie de 130 km<sup>2</sup>. En el área afloran principalmente sedimentos terciarios y recientes; sin embargo las formaciones sedimentarias más antiguas, están cubiertas por materiales piroclásticos y rocas recientes, probablemente de origen volcánico. La columna estratigráfica del Terciario incluye los pisos del Eoceno, Oligoceno, Mioceno y Reciente. En términos generales puede decirse que, el Terciario se caracterizó por movimientos epirogénicos que dieron lugar a la formación de sedimentos de ambientes desde litoral hasta néritico externo y batial inferior y posiblemente abisal; estos están formados por en su mayor parte de arcillas, más o menos arenosas, arena y ocasionalmente de conglomerados, cuya presencia en el área se debe a una transgresión durante el Mioceno y a grandes deltas. En el área se encuentran rocas calizas y le sobreyacen sedimentos terciarios, en otras localidades fuera del área de estudio. Por tal motivo se explicaran de manera separada los dos eventos sedimentarios:

**Formación Guzmantla (Facies Arrecifales del Cretácico Superior) (Kz).**- La estratigrafía que se presenta en la localidad tipo de esta formación Guzmantla, incluye sedimentos de facies de plataforma que constituyen las formaciones Orizaba, Guzmantla y Atoyac del Cretácico Superior y sedimentos de aguas profundas de la formación Maltrata, que marca el inicio del Cretácico Superior ( FOTOS 54,55 y56).

La formación trata de calizas micro o criptocristalinas, en general poco re cristalizadas; existen cerca de la base de esta formación, horizontes calcareníticos con matriz cristalina. La cristalización diferencial da origen a una estructura grumosa.

En la porción Norte de la zona de estudio, existe un solo afloramiento de rocas que se podría correlacionar con la Formación Guzmantla, ya que está constituido, en su base por una brecha calcárea, constituida principalmente por fragmentos de rocas calizas de todos tamaños ( Fotos ), los cuales están cementados en una matriz de arcillas calcáreas. Le so-



breyacen arenas calcáreas y calcarenitas que le dan al afloramiento un aspecto de espuma. El afloramiento presenta una coloración amarillenta, muy delesnable y porosa, su espesor sobrepasa los 100 metros en éste sitio. La edad que se le asigna a esta formación es del Turoniano-Cretácico Superior.

En el costado norte de éste afloramiento, las calizas se presentan estratificadas, en cuya parte superior se presentan bloques a fallados en rumbo NE 22° SW y echados de 90° al W. Estas rocas en su parte superior, se encuentran con gran abundancia de huecos, que le dan una apariencia karstica.

Hidrologicamente esta formación debido a su alta permeabilidad por fracturamiento, funciona como receptora y transmisora de las aguas pluviales y superficiales de la zona.

**Grupo Chicontepec-Velasco (Oligoceno y Eoceno Superior).**- Durante el Terciario, se caracterizó a lo largo de toda la laguna costera veracruzana, por movimientos epirogénicos que dieron lugar a la formación de sedimentos clásticos en aguas poco profundas, compuestos en su mayor parte de arcillas interestratificadas por areniscas de poca potencia. Solamente la última transgresión marina durante el Mioceno, dio lugar a las formaciones de horizontes conglomeráticos y arenosos. Estos depósitos al parecer sobreyacen a las rocas sedimentarias descritas anteriores y son las que han cortado los pozos después de los 220 metros de profundidad. Estas formas de depósito corresponden a rasgos morfológicos derivados de levantamientos y origen de grandes fosas, producidos por la orogenia y el levantamiento del batolito, que dieron lugar a lodos arenosos durante casi todo el Terciario.

El empuje del batolito, levantaba continuamente los sedimentos que se depositaban encima, ocasionando siempre alrededor del macizo, depresiones y levantamientos periféricos inundados con aguas someras y costeras, que dieron lugar a la formación de grandes depósitos de arenas, arcillas y horizontes conglomeráticos de gran espesor.

Hidrologicamente esta formación de rocas tiene una buena permeabilidad y pueden contener acuíferos de moderado a bajo rendimiento.

**Unidad de Derrames Andesíticos-Basálticos (Tpsa).**- Esta secuencia de rocas aflora al Sur, Suroeste y Este, constituye el basamento de la secuencia litológica del área de estudio. Su base está constituida por rocas andesíticas compactas en bloques, textura afanítica, de color gris claro, lo que hace que estas rocas sean impermeables. Estos afloramientos en la zona de estudio presentan gran compactación, que dan origen a grandes bloques fracturados verticalmente, que dan la apariencia de prismas basálticos, de más de 1 metro de diámetro y se pueden observar en los cauces de los ríos ( PLANO 4 ). La parte superior de estos derrames, presenta un agrietamiento en forma de grietas de desecación pero totalmente unidas y en ocasiones en bloques, se pueden apreciar sobre el cauce del Río Pixquiac, Pintores y Paso Limón (FOTOS 57 y 58).

La parte media de la secuencia, está constituida por una intercalación de basaltos, aglomerados y en ocasiones como masa aglutinante, escorias, arenas y cenizas volcánicas. En las zonas de contacto entre estas rocas se observan escurrideros de bajo gasto. Estos afloramientos en su frente de derrame dan origen a escarpes pronunciados de más de 200 metros de desnivel, observados sobre el camino que conduce a Teocelo.

Esta secuencia presenta además variaciones en su composición, de andesitas a basaltos, con espesores que sobrepasan los 300 metros. La edad que se les asigna a estas rocas es del Plioceno Medio - Superior.

**Hidrológicamente, esta unidad presenta una permeabilidad que varía de moderada a baja, debido a su constitución basáltica y que incluye fases brechoides y aglomeráticas, lo que permite constituir una formación transmisora del agua hacia el subsuelo. Sin embargo, la presencia de estratos de rocas altamente compactas e impermeables de andesitas, provoca que el agua escurra sobre éste estrato y muy poca se infiltre al subsuelo, solo en ocasiones se ve favorecida la permeabilidad secundaria en éste estrato por fracturas y puede actuar como roca sello del agua a superficial. Sobre éste tipo de rocas se han perforado los pozos en la planta Pananco Golfo S.A. de C.V., las cuales contienen un acuífero de bajo rendimiento, con un gasto mayor de 13 lps.**

**Unidad de Tobas Vítreas, Tobas Arenosas y Arenas Pumicíticas (Tpstb).- Geológicamente en esta área, las rocas consideradas del Plioceno Superior afloran ampliamente en la parte Norte y Oeste del área de estudio (PLANO 4); se han determinado como una secuencia alternante de flujos piroclásticos y tobáceos, cuya base está constituida por una secuencia de tobas vítreas, tobáceas y pumicíticas muy deslesnables y permeables (FOTOS 59 a 64 ). Presenta tonalidades que varían del café claro al blanco, con inclusión de fragmentos de rocas de composición andesítica, escoria, pómez. Las tobas son blancas de grano medio con gran abundancia de cristales de cuarzo, todo ello cementado dentro de una matriz arenosa.**

La parte baja de esta secuencia se encuentra constituida por, arenas finas con alto contenido de cristales de cuarzo, que incluye fragmentos de roca de escorias volcánicas, andesitas y basalto.

La parte media de esta secuencia está constituida por toba arenosas y pumicíticas que no presentan granulometría selectiva, solo cierta uniformidad en los fragmentos de pómez, sin embargo, se observan pseudoestratos de pómez fina, que le dan un aspecto de pseudobandeamiento al afloramiento. Hacia la cima de estos productos se presentan tobas pumicíticas granulares con un alto grado de arcillosidad, muy compactas, que incluyen cristales de cuarzo.

La parte media-superior de la secuencia está constituida por tobas vítreas y arenas pumicíticas con gran abundancia de cristales de cuarzo. Los fragmentos de roca que están incluidos dentro de estas tobas, corresponden a andesitas y basaltos de color oscuro, tienen una estructura compacta muy fácil de desmoronar, de característica permeable. La parte superior de toda esta secuencia está constituida por tobas vítreas, cuya coloración varía de café a blanco. Estas rocas presentan un pseudobandeamiento, sin una estratificación definida, solo se presentan como frentes de derrame. El espesor total de esta secuencia litológica llega a sobrepasar los 100 metros.

**Sobre la base de estos derrames de tobas vítreas, arenosas y pumicíticas, fluyen la mayoría de los manantiales presentes en la zona y estos derrames contienen el acuífero superficial saturado con un rendimiento entre 1 y 15 lps..**

**Hidrológicamente esta secuencia de rocas, tienen una alta permeabilidad, por su constitución litológica arenosa permeable. Estas rocas pueden contener acuíferos de mediano rendimiento y su gasto mejora notablemente en el cruce de estructuras geológicas.**

**El basurero de El Atolon, se deposita sobre éste tipo de productos, por lo que si continúan los lixiviados de la basura fluyendo a través de éste medio granular, contaminarán éste acuífero superficial, el cual es aprovechado aguas abajo para consumo humano.**

**Unidad de Derrames Andesíticos - Basálticos (Qiab).**- Geológicamente en esta área las rocas consideradas del Cuaternario Inferior afloran al Norte y Noreste del área de estudio (PLANO 4); se han determinado como una secuencia alternante de flujos de derrames de andesitas que fluyeron al sur y sobre de ellos se localiza la población de Pacho Nuevo; su base está constituida por una secuencia de basaltos y andesitas en bloques, muy compactas e impermeables. Presenta tonalidades que varían del gris claro con inclusión de fragmentos de rocas de composición andesítica. Las rocas basálticas presentan una estructura compacta, con gran presencia de vesículas en su superficie.

La parte media de esta secuencia está constituida por brechas y andesitas en bloques, de hasta 1 metro de diámetro. La parte media-superior de la secuencia está constituida por rocas basaltos vesiculares y andesitas compactas de color gris claro. Sobre la base de estos derrames volcánicos se localiza el manantial de Pacho Nuevo de más de 30 lps (FOTO 65 y 66). El espesor total de esta secuencia litológica llega a sobrepasar los 100 metros.

Hidrológicamente esta secuencia, tiene una moderada permeabilidad, por su constitución litológica en bloques y brechas volcánicas. Estas rocas pueden contener acuíferos de alto rendimiento y su gasto mejora notablemente en el cruce de estructuras geológicas. En la zona estudio estas rocas transmiten el agua superficial a las Tobas vítreas (Tpstb) que contienen el acuífero superficial.

**Unidad de Derrames Andesíticos - Basálticos Cofre de Perote (Qsab).**- En el área de estudio las rocas consideradas del Cuaternario Inferior afloran al Noroeste y Occidente del área de estudio y se derivaron del volcán Cofre de Perote, dando origen a amplios derrames de rocas y mesas alargadas, las cuales son disectadas por los cauces de arroyos y los ríos La Marina, Huehueyapan, etc. provocando la formación de pendientes abruptas y escarpadas.

En el camino que conduce a la localidad de La Mascota, se observan afloramientos de andesitas lajeadas pseudoestratificadas, cubiertas por derrames de andesitas en bloques y sobreyacidas nuevamente por flujos de rocas andesíticas, muy deslesnables e impermeables y de fácil rompimiento. El espesor total de esta secuencia litológica llega a sobrepasar los 300 metros (FOTOS 68 y 69).

En la parte superior de estos afloramientos se presentan cenizas y escorias volcánicas, con alto grado de arcillosidad.

Sobre la traza de una gran fractura de dirección NW 45°- 70°-85° SE hasta E-W, fluye el manantial de El Rancho El Roble.

Hidrológicamente esta secuencia, tiene una alta permeabilidad por lajeamiento, pero no llega a contener acuíferos de importancia, por su constitución litológica. Estas rocas pueden contener acuíferos de bajo rendimiento y su gasto mejora notablemente en el cruce de estructuras geológicas.

**Conos cineríticos, arenas y cenizas volcánicas ( Qsvc ).**- Esta secuencia de rocas aflora en la parte Centro y Sur del área, siguiendo una burda alineación de Este a Oeste E-W y de Noreste a Suroeste NE-SW. Corresponde a seis pequeños volcanes cineríticos, denominados Cerros; San Marcos, Zinpizahua; Las Culebras; Grande y Malinche (PLANO 4). Presentan una topografía semicircular poco accidentada, con elevaciones entre 1,200 y 1,300

metros sobre el nivel del mar. Están constituidos principalmente por escorias, cenizas, arenas volcánicas y en ocasiones presentan un cráter central (C. Grande) (FOTOS 70,71 y 72).

La parte superior de esta secuencia lo constituyen, fragmentos de escorias y cenizas volcánicas, cuyas tonalidades varían del rojo al negro, cementados en una matriz granular. Estos afloramientos presentan una granulometría selectiva de gruesos a finos, dándole al afloramiento un pseudobandeamiento.

El espesor de esta unidad es muy variable y sobrepasa los 100 metros. La edad que se les asigna a estos cuerpos volcánicos es del Cuaternario Superior.

Hidrologicamente esta unidad de rocas contiene es buena transmisora del agua superficial al subsuelo. Esto es debido a la composición arenosa y granular que permite la rápida infiltración de cualquier fluido al subsuelo.

**Suelos, Aluviones y depósitos aluviales (Qal).**- Afloran en la parte central del área y corresponden a las zonas topográficas más bajas. La parte baja de esta secuencia lo constituyen arenas finas con alto contenido de cuarzo (Foto 24). La parte media de esta secuencia lo constituye una brecha volcánica, que incluye gran abundancia de fragmentos de roca de basalto, pómez y caliza.

La parte superior de estos depósitos aluviales, la forman una alternancia de aglomerados, brechas, arenas, arcillas y un paquete de suelos areno-arcillosos (Foto 25). Su espesor es variable y llega a sobrepasar los 10 metros y la edad que se le asignan a estos productos es del Cuaternario.

Hidrologicamente esta unidad de rocas permite la rápida infiltración de cualquier fluido al subsuelo.

## VII.2.- Geología estructural

Regionalmente se aprecian dos sistemas estructurales en la zona de estudio, de dirección NORTE-SUR (N-S) y NOROESTE-SURESTE (NW-SE).

El sistema de dirección Norte-Sur; se observa en la parte Central - Norte del área y se manifiesta principalmente en los cauces de los Ríos Consolapa y Sordo. El río Consolapa que tiene un burdo alineamiento N-S, a la altura del puente Consolapa, cambia de nombre a Río Pixquiac y su orientación se modifica bruscamente al NW-SE. El Río Sordo igualmente viene en dirección N-S y 500 metros al oriente de la población de El Grande cambia su dirección al NW-SE.

El sistema regional predominante en el área de estudio, tiene una orientación general NW-SE; esta íntimamente relacionado y favorece a los cauces de los Ríos: La Marina, Pintores, Paso Limón, San Andrés, Pixquiac y Sordo. La mayoría de los arroyos presentes en toda la zona, tienen esta misma orientación NW-SE. Este fracturamiento en las rocas, ha provocado la formación de barrancas escarpadas muy pronunciadas verticalmente, con desniveles de más de 300 metros, en algunas ocasiones, se presentan caídas libres en las rocas de más de 100 metros.

Las rocas sedimentarias, presentes en el área siguen un alineamiento en dirección NW-SE, lo que nos indica la dirección del plegamiento regional y la formación de fosas en las partes bajas del plegamiento. Las rocas calizas en el área, se encuentran fracturadas en dirección NE 22° SW y echados de 90° al W, estas fracturas llegan medir hasta 0.50 metros de apertura

La planta embotelladora Pananco Golfo S.A de C.V., está limitada al norte por el cauce del río Pixquiac que sigue una falla geológica de dirección NW-SE.

**La mayoría de los manantiales presentes en la zona de estudio, siguen una alineación general NW-SE y N-S (PLANO 4).**

### **VII.3.- Geomorfología.**

Morfológicamente la zona de estudio, presenta una topografía abrupta provocada por grandes sierras alargadas de más de 300 metros de altura, provenientes de los derrames volcánicos del volcán Cofre de Perote, en la parte occidental del área.

La parte norte de la zona, se caracteriza por una morfología de lomas alargadas, con pendientes suaves de mas de 100 metros de elevación, disectadas por arroyos y cauces de los ríos.

La parte central y sureste del área, se manifiesta por la presencia de amplios derrames volcánicos, que dieron origen a amplias mesetas alargadas de topografía plana y disectadas por los cauces de los ríos Sordo, Paso Limón, San Andrés y Pintores, que provocaron la presencia de cañones abruptos en las rocas de más de 50 metros de desnivel.

La zona del basurero presenta una topografía alargada plana, con diferentes desniveles que van desde los 10 a los 100 metros. Estas lomas siguen una alineación paralela al río Consolapa.

### **VII.4.- Riesgo Ambiental.**

De la información geológica obtenida, se resume que el terreno que se tiene designado para relleno sanitario, denominado el Atolon, **no está bien situado** y los lixiviados de la basura contaminan al acuífero libre, ya que las capas de tobas vítreas, arenas de cuarzo y pumicitas presentes en la superficie, permiten que los lixiviados de la basura lleguen inmediatamente al acuífero superficial, o a las aguas que conduce el Río Consolapa, ya que se su cauce se encuentra paralelo al basurero y la dirección de los lixiviados debe de ser NW-SE, en la dirección del flujo superficial

**En la parte baja de los depósitos de basura no se aprecian lixiviados en demasía, lo que demuestra que todos ellos se infiltran inmediatamente al subsuelo y contaminan al acuífero de la zona. Sin embargo esta contaminación representa un riesgo ya que aguas abajo del basurero existen norias que se utilizan para riego y servicios.**

En la parte norte del área, también caracterizada por materiales altamente permeables, Tobs vítreas, arenas y pumicitas, la población vierte indiscriminadamente sus aguas residuales y de servicios a las calles, lo que provoca que se infiltre inmediatamente al subsuelo y contamine el acuífero superficial que es utilizada para agua potable.

**Los ríos presentes en la zona de estudio, se han convertido en drenajes municipales y de la ciudad de Xalapa, Ver. lo que los ha convertido en verdaderas cloacas carentes de cualquier actividad acuática. Sin embargo esto no es todo ya que algunos de los manantiales, se sitúan muy próximos a estos ríos y es muy probable que estén contaminados. Los Ríos con mayor contaminación son el Sordo, que trae consigo todas las aguas residuales de la ciudad de Xalapa, Ver., y el Río San Andrés que sirve de desalojo de las aguas municipales de la ciudad de Coatepec, Ver.**

## **VII.- G E O F Í S I C A**

## **VII.1.- Interpretación**

## **VIII.- BIBLIOGRAFÍA**

- Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, 1999.- La Cuenca de Veracruz / Papaloapan. Publicación Especial. Tomo I.
- Ballina, L.H.R., 1997.- Estudio Geofísico para localizar agua subterránea en la Sur 23, Orizaba, Ver. EGS. Inédito.
- Castany, G., 1975.- PROSPECCIÓN Y EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. Editorial OMEGA, Barcelona, España.
- Comisión Federal de Electricidad.- Revista Mexicana de Geoenergía GEOTERMIA VOL.7 MAYO-AGOSTO.
- Comisión Federal de Electricidad.- Revista Mexicana de Geoenergía GEOTERMIA VOL.6 ENERO-ABRIL
- Comisión Federal de Electricidad.-Revista Mexicana de Geoenergía GEOTERMIA VOL.5 SEP-DIC
- Comisión Federal de Electricidad.- Revista Mexicana de Geoenergía GEOTERMIA VOL.15 No3 SEP-DIC.
- Comisión Federal de Electricidad.- Revista Mexicana de Geoenergía GEOTERMIA VOL 11, No1 ENERO-ABRIL.
- Comisión Federal de Electricidad.- Proyecto Geotérmico LOS HUMEROS-DERRUMBADAS INFORME GEOFÍSICO.
- Comisión Federal de Electricidad.- Introducción a la Petrología Volcánica
  - - Comisión Federal de Electricidad.- Estudio Geohidrológico de Los Humeros-Las Derrumbadas, estados de Puebla-Veracruz.
- INEGI.- Síntesis Geográfica, Nomenclátor y Anexo Cartográfico del Estado de Veracruz.
- INEGI.- Carta Topográfica escala 1: 50 000 XICO E14B36
- INEGI.- Carta Topográfica escala 1: 50 000 COATEPEC E14B37
- INEGI.- Carta Topográfica escala 1:50 000 PEROTE E 14B26
- INEGI.- Carta Topográfica escala 1: 250 000 VERACRUZ E 14-3
- INEGI.- Carta Hidrológica Aguas Subterráneas 1:1 000 000 MÉXICO
- INEGI.- Anuario Estadístico VERACRUZ-LLAVE TOMO 1 y 2 edición 2002
- INEGI.-18 Imágenes de Satélite NASA ERTS BANDAS 4-5-6-7
  
- Longwell, R.Ch., Flint, F.R., 1979.- GEOLOGÍA FÍSICA, Editorial LIMUSA, México.



- López, R.E., 1979.- GEOLOGÍA DE MÉXICO. Tomo III.

- PANANCO GOLFO S.A. DE C.V. C.P. COATEPEC.- INFORMACIÓN DE LA PRODUCCION DE LOS POZOS DE LA PLANTA Y CONSUMO.

Atentamente,

Hugo Rainier Ballina López  
Ingeniero Geofísico

Juan J. Herrera Franco  
Ingeniero Geólogo

FOTO 1.- Río Consolapa

FOTO 2.- Río Consolapa.

FOTO 3.- Río Consolapa.

FOTO 4.- Río Consolapa.

FOTO 5.- Basurero El Atolon.

FOTO 6.- Basurero El Atolon, canal de lixiviados.

FOTO 7.- Basurero El Atolon, canal de lixiviados.

FOTO 8.- Basurero El Atolon.

FOTO 9.- Basurero El Atolon.

FOTO 10.- Río Sordo.

FOTO 11.- Río Sordo.

FOTO 12.- Río Sordo.

FOTO 13.- Río Sordo.



FOTO 14.- Río Sordo.

FOTO 15.- Manantial Pacho Viejo.

FOTO 16.- Manantial Pacho Viejo.

FOTO 17.- Manantial Pacho Viejo.

FOTO 18.- Manantial Pacho Nuevo.

FOTO 19.- Manantial Pacho Nuevo.

FOTO 20.- Manantial Pacho Nuevo.

FOTO 21.- Manantial El Berral.

FOTO 22.- Manantial El Berral.

FOTO 23.- Manantial El Berral.

FOTO 24.- Manantial Col. Rafael Hernández Ochoa.

FOTO 25.- Manantial Col. Rafael Hernández Ochoa.

FOTO 26.- Manantial Las Puentes.

FOTO 27.- Manantial Zinpizahua.

FOTO 28.- Manantial Rancho El Roble.

FOTO 29.- Manantial Rancho El Roble.



FOTO 30.- Manantial Rancho El Roble.

FOTO 31.- Manantial Rancho El Roble.

FOTO 32.- Manantial Nestle.

FOTO 33.- Manantial Nestle.

FOTO 34.- Manantial Coca-Cola.

FOTO 35.- Manantial Las Hayas.

FOTO 36.- Manantial Las Hayas.

FOTO 37.- Manantial Boca de Tigre.

FOTO 38.- Manantial La Comunidad.

FOTO 39.- Manantial La Comunidad.

FOTO 40.- Manantial La Laguna.

FOTO 41.- Manantial La Laguna.

FOTO 42.- Manantial Agua Bendita.

FOTO 43.- Manantial Agua Bendita.

FOTO 44.- Noria Rancho El Diamante.

FOTO 45.- Noria Restaurante El Milagro.



FOTO 46.- Noria La Esquina.

FOTO 47.- Pozo Centro Penitenciario de Pacho Viejo.

FOTO 48.- Pozo La Malinche.

FOTO 49.- Pozo Fraccionamiento San Pedro.

FOTO 50.- Pozo Fraccionamiento San Pedro.

FOTO 51.- Depósitos de agua potable La Mascota.

FOTO 52.- Depósitos de agua potable La Mascota.

FOTO 53.- Depósitos de agua potable Tecajetes.

FOTO 54.- Formación Guzmantla ( Kz ).

FOTO 55.- Formación Guzmantla ( Kz ).

FOTO 56.- Formación Guzmanla ( Kz ).

FOTO 57.- Derrames de Andesitas - Basálticas (Tpsab).

FOTO 58.- Derrames de Andesitas - Basálticas (Tpsab).

FOTO 59.- Tobas vítreas, Tobas arenosas y arenas pumicíticas ( Tpstb).

FOTO 60.- Tobas vítreas, Tobas arenosas y arenas pumicíticas ( Tpstb).

FOTO 61.- Tobas vítreas, Tobas arenosas y arenas pumicíticas ( Tpstb).



FOTO 62.- Tobas vítreas, Tobas arenosas y arenas pumicíticas ( Tpstb).

FOTO 63.- Tobas vítreas, Tobas arenosas y arenas pumicíticas ( Tpstb).

FOTO 64.- Tobas vítreas, Tobas arenosas y arenas pumicíticas ( Tpstb).

FOTO 65.- Derrames de Andesitas - Basálticas (Qiab).

FOTO 66.- Derrames de Andesitas - Basálticas en bloques (Qiab).

FOTO 67.- Derrames de Andesitas - Basálticas seudoestratificadas (Qsab).

FOTO 68.- Derrames de Andesitas - Basálticas lajeadas (Qsab).

FOTO 69.- Derrames de Andesitas - Basálticas del Cofre de Perote (Qsab).

FOTO 70.- Conos Cineríticos, arenas y cenizas volcánicas (Qsva).

FOTO 71.- Conos Cineríticos, arenas y cenizas volcánicas (Qsva).

FOTO 72.- Conos Cineríticos, arenas y cenizas volcánicas (Qsva).

FOTO 73.- Toma de muestra para su análisis Físico-Químico del Río Consolapa.

FOTO 74.- Toma de muestra para su análisis Fisico-Quimico del Río Sordo.