



REPÚBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
INTENDENCIA DE RECURSOS HÍDRICOS
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO
ALTO PIURA-HUANCABAMBA



INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN EL VALLE PIURA (PARTE ALTA)



Lima, Diciembre 2002



REPÚBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE AGRICULTURA
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES
INTENDENCIA DE RECURSOS HÍDRICOS
ADMINISTRACIÓN TÉCNICA DEL DISTRITO DE RIEGO
ALTO PIURA - HUANCABAMBA



PERSONAL DIRECTIVO

Dr. César Álvarez Falcón	Jefe del INRENA
Ing°. Enrique Salazar Salazar	Intendente de Recursos Hídricos
Ing°. Mario Aguirre Núñez	Director de Recursos Hídricos
Ing°. Carlos A. Custodio López	Administrador Técnico del Distrito Riego Alto Piura - Huancabamba

PERSONAL EJECUTOR

Ing°. Edwin Zenteno Tupiño	Especialista en Hidrogeología - Geofísica
Ing°. Hildebrando Ayasta Cornejo	Profesional en Hidrogeología
Ing°. Nino Eduardo Guevara Chávez	Profesional en Hidrogeología

PERSONAL DE APOYO

Ing°. Sandra Mejía Landa	Especialista SIG
Sr. Fernando Fernández Alvarado	Operador del equipo de geofísica
Sr. Julio Cesar Chunga Tapia	Técnico en Computación e Informática
Ing° Adalberto Carrasco Elera	Técnico de campo
Bach. Marco Montenegro Idrogo	Técnico de campo
Sr. Justo Ruíz Marcelo	Técnico de campo
Sr. Emilio Carmen Cruz	Técnico de campo
Sr. Alfonso Ojeda Guerrero	Técnico de campo

ÍNDICE

	Pág.
1.0.0 INTRODUCCIÓN	1
1.1.0 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo general	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2.0 Ámbito del estudio	2
2.0.0 ESTUDIOS REALIZADOS	3
3.0.0 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	4
3.1.0 Ubicación	4
3.2.0 Vías de comunicación	4
3.3.0 Demografía	4
3.3.1 Población del valle	4
3.3.2 Población económicamente activa	6
3.4.0 Recursos agropecuarios e industriales	7
4.0.0 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	9
4.1.0 Afloramientos rocosos	9
4.1.1 Grupo Olmos - Morropón	11
4.1.2 Grupo Lomas - Lancones	11
4.1.3 Formación Ñaupe	11
4.1.4 Formación Yapatera	13
4.1.5 Formación Tambogrande	13
4.1.6 Rocas intrusivas	13
4.2.0 Depósitos aluviales	15
4.3.0 Depósitos coluviales	15
4.4.0 Depósitos eólicos	17
4.5.0 Depósitos aluvionales	17

5.0.0	INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA	20
5.1.0	Inventario de pozos	20
5.2.0	Clave para identificar los pozos	21
5.3.0	Tipo de pozos inventariados	21
5.3.1	Pozos tubulares	21
5.3.2	Pozos a tajo abierto	23
5.3.3	Pozos mixtos	23
5.4.0	Estado de los pozos inventariados	24
5.4.1	Pozos utilizados	24
5.4.2	Pozos utilizables	24
5.4.3	Pozos no utilizables	25
5.5.0	Uso de los pozos	25
5.5.1	Pozos de uso doméstico	25
5.5.2	Pozos de uso agrícola	26
5.5.3	Pozos de uso pecuario	26
5.5.4	Pozos de uso industrial	26
5.6.0	Rendimiento de los pozos	26
5.7.0	Explotación del acuífero mediante pozos	27
5.7.1	Explotación en los años 1978 – 1980 – 1993 – 1999	28
5.7.2	Explotación en el 2002	28
5.8.0	Características técnicas de los pozos	30
5.8.1	Profundidad de los pozos	30
5.8.2	Diámetro de los pozos	30
5.8.3	Equipo de bombeo	30
5.8.3.1	Motores	31
5.8.3.2	Bombas	32
5.9.0	Explotación actual de las aguas subterráneas	33
5.9.1	Zona I : San Miguel del Faique-Salitral San Juan de Bigote	34
5.9.2	Zona II : Buenos Aires	34
5.9.3	Zona III : Morropón-La Matanza-Buenos Aires	34
5.9.4	Zona IV : Chulucanas	35
5.9.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	35

6.0.0	EL RESERVORIO ACUÍFERO	36
6.1.0	Geometría del reservorio	36
6.1.1	Forma y límites	36
6.1.2	Dimensiones	36
6.2.0	El medio poroso	37
6.2.1	Litología	37
6.2.2	Interpretación hidrogeológica	37
6.3.0	La napa freática	40
6.3.1	Morfología del techo de la napa freática	40
6.3.1.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitral San Miguel del Faique	41
6.3.1.2	Zona II : Buenos Aires	42
6.3.1.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	42
6.3.1.4	Zona IV : Chulucanas	43
6.3.1.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	43
6.3.2	Profundidad del techo de la napa	44
6.3.2.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitral San Miguel del Faique	45
6.3.2.2	Zona II : Buenos Aires	45
6.3.2.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	46
6.3.2.4	Zona IV : Chulucanas	46
6.3.2.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	47
7.0.0	HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA	49
7.1.0	Introducción	49
7.2.0	Pruebas de bombeo o de acuífero	49
7.3.0	Parámetros hidráulicos	49
7.3.1	Zona I : San Miguel del Faique-Salitral San Juan de Bigote	50
7.3.2	Zona II : Buenos Aires	50
7.3.3	Zona III : Morropón-La Matanza-Buenos Aires	52
7.3.4	Zona IV : Chulucanas	53
7.3.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	54
7.5.0	Radio de influencia	55
7.5.1	Zona I : San Miguel del Faique-Salitral San Juan de Bigote	55

7.5.2	Zona II : Buenos Aires	56
7.5.3	Zona III : Morropón-La Matanza-Buenos Aires	56
7.5.4	Zona IV : Chulucanas	56
7.5.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	57
8.0.0	HIDROGEOQUÍMICA	59
8.1.0	Recolección de muestras de agua subterránea	59
8.2.0	Resultados de los análisis físico-químicos	59
8.2.1	Conductividad eléctrica del agua	59
8.2.1.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitral San Miguel del Faique	60
8.2.1.2	Zona II : Buenos Aires	61
8.2.1.3	Zona III : Morropón-Buenos Aires- La Matanza	61
8.2.1.4	Zona IV : Chulucanas	62
8.2.1.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	62
8.2.2	Dureza total y pH	63
8.2.2.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitral San Miguel del Faique	64
8.2.2.2	Zona II : Buenos Aires	64
8.2.2.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	64
8.2.2.4	Zona IV : Chulucanas	65
8.2.2.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	65
8.3.0	Representación Gráfica	66
8.3.1	Diagramas de Schoeller	66
8.3.2	Familias hidrogeoquímicas de las aguas subterráneas	67
8.3.2.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitral San Miguel del Faique	67
8.3.2.2	Zona II : Buenos Aires	67
8.3.2.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	67
8.3.2.4	Zona IV : Chulucanas	68
8.3.2.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	68
8.4.0	Aptitud de las aguas para riego	68
8.4.1	Clases de agua según la conductividad eléctrica	69
8.4.1.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitral San Miguel del Faique	69
8.4.1.2	Zona II : Buenos Aires	69
8.4.1.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	70
8.4.1.4	Zona IV : Chulucanas	70
8.4.1.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	70

8.4.2	Clases de agua según el RAS y la Conductividad Eléctrica	71
8.4.2.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitr San Miguel del Faique	72
8.4.2.2	Zona II : Buenos Aires	72
8.4.2.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	72
8.4.2.4	Zona IV : Chulucanas	72
8.4.2.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	72
8.5.0	Potabilidad de las aguas	73
8.5.1	Bacteriológico	73
8.5.1.1	Características biológicas del agua subterránea	75
8.5.2	Niveles de concentración de los iones cloruro, sulfato y magnesio	77
8.5.3	Nivel de sólidos totales disueltos (STD)	80
8.5.3.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitr San Miguel del Faique	80
8.5.3.2	Zona II : Buenos Aires	81
8.5.3.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	81
8.5.3.4	Zona IV : Chulucanas	82
8.5.3.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	83
8.5.4	Niveles de dureza y pH	84
8.5.5	Calificación de las aguas subterráneas	84
8.5.5.1	Zona I : San Juan de Bigote-Salitr San Miguel del Faique	85
8.5.5.2	Zona II : Buenos Aires	85
8.5.5.3	Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza	85
8.5.5.4	Zona IV : Chulucanas	85
8.5.5.5	Zona V : Chulucanas-Tambogrande	85
9.0.0	RESUMEN DE RESULTADOS	87
10.0.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
10.1.0	Conclusiones	96
10.2.0	Recomendaciones	97
11.0.0	BIBLIOGRAFÍA	99

ANEXOS

ANEXO I INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Cuadros de características técnicas, medidas realizadas y volumen de explotación de los pozos. Valle Piura (parte alta)

ANEXO II HIDROGEOQUÍMICA

Cuadros de resultados de los análisis físico – químicos. Valle Piura (parte alta)

RELACIÓN DE CUADROS

Nº	DESCRIPCIÓN
3.1	Población total según sexo y tipo de población – Valle Piura (parte alta)-2002.
3.2	Población económicamente activa de 6 a más Años–Valle Piura (parte alta)-2002.
3.3	Inventario de cultivos, campaña agrícola año 2002 – Valle Piura (parte alta).
5.1	Distribución de los pozos por distrito político - Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.2	Código para la identificación de los pozos - Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.3	Distribución de los pozos según su tipo y por distrito – Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.4	Distribución de los pozos según su estado – Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.5	Distribución de pozos utilizados según su tipo – Valle Piura (parte alta) – 2002.
5.6	Distribución de los pozos utilizables según su tipo – Valle Piura (parte alta) – 2002.
5.7	Tipos de pozos utilizados según su uso y por distrito político – Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.8	Variación de los rendimientos según el tipo de pozo – Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.9	Volúmenes de explotación de las aguas subterráneas en los años 1978, 1980 y 1993 – Valle Piura (parte alta).
5.10	Volúmenes de explotación de las aguas subterráneas según su uso – Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.11	Volúmenes de explotación de las aguas subterráneas por tipo de pozo – Valle Piura (parte alta) - 2002.
5.12	Profundidades actuales máximas y mínimas de los pozos, según el tipo de Pozo – Valle Piura (parte alta) – 2002.
5.13	Distribución del equipamiento de los pozos – Valle Piura (parte alta) – 2002.
5.14	Motores y bombas que predominan en el valle Piura (parte alta) – 2002.
5.15	Variación de los volúmenes de explotación (m ³) por zonas – Valle Piura (Parte Alta) – 2002.
6.1	Características de la morfología de la napa freática – Valle Piura (parte alta) – 2002.
6.2	Profundidad de la napa freática – Valle Piura (parte alta) – 2002.
7.1	Distribución de pruebas de bombeo – Valle Piura (parte alta) – 2002
7.2	Resultados de las pruebas de bombeo – Valle Piura (parte alta) – zona I
7.3	Resultados de las pruebas de bombeo – Valle Piura (parte alta) – zona II.
7.4	Resultados de las pruebas de bombeo – Valle Piura (parte alta) – zona III.
7.5	Resultados de las pruebas de bombeo – Valle Piura (parte alta) – zona IV
7.6	Resultados de las pruebas de bombeo – Valle Piura (parte alta) – zona V
7.7	Radios de influencia a diferentes tiempos de bombeo – zona I
7.8	Radios de influencia a diferentes tiempos de bombeo – zona II
7.9	Radios de influencia a diferentes tiempos de bombeo – zona III
7.10	Radios de influencia a diferentes tiempos de bombeo – zona IV
7.11	Radios de influencia a diferentes tiempos de bombeo – zona V

- 8.1 Conductividades eléctricas en el área de estudio – Valle Piura (parte alta) – 2002.
- 8.2 Rango de calidad de las aguas – Valle Piura (parte alta) – 2002.
- 8.3 Variación de la dureza – Valle Piura (parte alta) – 2002.
- 8.4 Clasificación del agua según el pH.
- 8.5 Clases de agua según el pH – Valle Piura (parte alta) – 2002.
- 8.6 Familias hidrogeoquímicas en el área de estudio por zonas – Valle Piura (parte alta) - 2002.
- 8.7 Clasificación del agua para riego según Wilcox.
- 8.8 Clasificación del agua según la conductividad eléctrica – zona I
- 8.9 Clasificación del agua según la conductividad eléctrica – zona II.
- 8.10 Clasificación del agua según la conductividad eléctrica – zona III.
- 8.11 Clasificación del agua según la conductividad eléctrica – zona IV
- 8.12 Clasificación del agua según la conductividad eléctrica – zona V
- 8.13 Clasificación del agua según la conductividad eléctrica por zonas.
- 8.14 Clasificación del agua según el RAS y la conductividad eléctrica por zonas en el Valle Piura (parte alta) – 2002.
- 8.15 Límites máximos tolerables.
- 8.16 Resultados de los análisis microbilógicos de las aguas subterráneas - Valle Piura (parte alta) – 2002
- 8.17 Comparación entre los límites máximos tolerables y los rangos obtenidos de las muestras de agua analizadas – Valle Piura (parte alta) – 2002
- 8.18 Variación de los sólidos totales disueltos
- 8.19 Clasificación de las aguas subterráneas según los diagramas de potabilidad

RELACIÓN DE FIGURAS

N°	DESCRIPCIÓN
3.1	Plano de ubicación del área de estudio

RELACIÓN DE LÁMINAS

N°	DESCRIPCIÓN
4.1	Geología – Geomorfología
5.1	Ubicación de fuentes de agua subterránea
6.1	Hidroisohipsas – 2002
6.2	Isoprofundidad de la napa – 2002
7.1	Isopermeabilidades y volúmenes de explotación
8.1	Isoconductividad eléctrica – 2002
8.2	Clases de agua según el RAS y la C.E.

RELACIÓN DE FOTOGRAFÍAS

N°	DESCRIPCIÓN
01	Vista panorámica del puente salitral, que sirve de ingreso a la ciudad, el mismo que se une con el sector de Malacasí. Hacia la derecha se observa la vía que llega a Huancabamba.
02	Vista del río Piura, en su recorrido por el sector denominado Ñacara. Se observa asimismo la terraza de primer orden (T_1)
03	Pozo tubular equipado con motor eléctrico y bomba turbina vertical, utilizado con fines agrícolas.
04	Obsérvese el lecho actual del río ($Q - t_0$), el cual se ha extendido en ambos márgenes. Distrito de San Juan de Bigote.
05	Vista de la primera terraza ($Q - t_1$) ubicada en el sector de La Encantada, del distrito de Chulucanas.
06	Vista del río Bigote en su parte inicial. Al fondo se aprecia afloramientos rocosos, los cuales forman parte del límite de acuífero.
07	Vista de la quebrada Talandracas, la cual está rodeada por afloramientos rocosos, que en su conjunto forman parte del límite de acuífero.
08	Vista del cerro Vicús, ubicado en la parte intermedia del valle, aproximadamente en el kilómetro 50, saliendo de la ciudad de Chulucanas.
09	Primera terraza ($Q-t_1$) ubicada en el sector Buenos Aires, obsérvese el lecho actual del río Piura ($Q-t_0$), donde se observa cantos rodados de diverso diámetro.
10	Primera terraza ($Q-t_1$) ubicada en la margen derecha del río, en el sector Sol Sol del distrito de Chulucanas.
11	Lecho del río Bigote ($Q-t_0$), observándose al fondo la primera terraza ($Q-t_1$) y afloramientos rocosos, este conforma el límite de acuífero.
12	Perfil de la primera terraza ($Q-t_1$) en la margen izquierda del río en el sector Loma Negra del distrito de La Matanza.
13	Vista de la quebrada de las Damas, ubicada en el distrito de Chulucanas. Se aprecia el lecho de río ($Q-t_0$) y la primera terraza ($Q-t_1$), al fondo los afloramientos rocosos.
14	Afloramientos rocosos ubicados en el sector Talandracas, distrito de Chulucanas, que se encuentran muy erosionados.
15	Personal técnico midiendo el nivel estático del pozo tubular sin equipo utilizable IRHS 775, ubicado en el sector Huápalas, distrito de Chulucanas.
16	Personal técnico realizando la medición en el pozo tubular utilizable IRHS 660, ubicado en el distrito de Chulucanas.
17	Motor diesel estacionario marca Caterpillar utilizado en el distrito de Chulucanas.
18	Pozo tubular en plena ejecución de una prueba de bombeo. Pozo ubicado en el sector La Encantada del distrito de Chulucanas.
19	Personal técnico en plena ejecución de la prueba de bombeo en el pozo IRHS 660, el mismo que está ubicado en el sector Sol – Sol del distrito de Chulucanas.
20	Personal técnico realizando el aforo del pozo IRHS 286 perteneciente al sector Batanes del distrito de Chulucanas.
21	Ejecución de una prueba de bombeo en el pozo ubicado en el distrito de Chulucanas. El pozo contó con piezómetro para determinar los parámetros hidráulicos.
22	Muestras de agua extraídas de las fuentes de agua para ser analizadas y determinar sus propiedades físico-químicas.

INTRODUCCIÓN

- 1.1.0 Objetivos
- 1.2.0 Ámbito de estudio

1.0.0 INTRODUCCIÓN

En la última década del siglo, la mayoría de los valles de la costa del Perú presentan un marcado déficit de los recursos hídricos; debido principalmente al incremento de la frontera agrícola, pero en los dos últimos años se ha presentado máximas avenidas de agua superficial que ha permitido recargar el acuífero.

Por otro lado, debe indicarse que las aguas subterráneas en este valle, cumplen un rol muy importante, sobre todo en la zona rural donde son utilizadas principalmente en los usos agrícola, doméstico y pecuario en ese orden; de ahí la importancia de la explotación de las aguas subterráneas, principalmente en los años secos, donde el valle de Piura presenta un panorama desolador.

1.1.0 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Evaluar el estado actual de los recursos hídricos subterráneos en el acuífero del valle Piura (parte alta).

1.1.2 Objetivos específicos

Son los siguientes:

- Discretizar las unidades hidrogeológicas en el área de estudio.
- Identificar las fuentes de agua subterránea en el valle.
- Cuantificar el volumen anual explotado del acuífero.
- Determinar la geometría del acuífero, tanto lateral como vertical.
- Determinar la morfología del basamento o espesores del acuífero.
- Determinar el comportamiento de la napa freática.
- Conformar las redes de control piezométrica e hidrogeoquímica.
- Zonificar el acuífero de acuerdo a sus condiciones hidráulicas
- Determinar la calidad del recurso hídrico subterráneo.
- Determinar áreas con condiciones hidrogeológicas favorables para la perforación de pozos profundos.
- Calcular la reserva total de agua almacenada en el acuífero.

1.2.0 **Ámbito del estudio**

El área de estudio comprende parte de la cuenca del río Piura, circunscribiéndose a la parte media y alta. Abarca desde el sector de Malingas (distrito de Tambogrande) hasta el sector de Piedra Azul (distrito de San Miguel del Faique) parte alta del mismo.



FOTOGRAFÍA N° 01

Vista panorámica del puente salitral, que sirve de ingreso a la ciudad, el mismo que se une con el sector de Malacasí. Hacia la derecha se observa la vía que llega a Huancabamba.

ESTUDIOS REALIZADOS



2.0.0 ESTUDIOS REALIZADOS

En el valle del río Piura (parte alta), se han realizado numerosos estudios hidrogeológicos pero todos de carácter local, en consecuencia existen escasos estudios integrales que involucran todo el valle. A continuación nombramos algunos de éstos.

- La Dirección General de Aguas y Suelos efectuó el “Estudio del Acuífero Subterráneo para el Abastecimiento de Agua a la ciudad de Piura”.
- “Estudio de las Características Hidrodinámicas de los Suelos” – valle Piura – ejecutado por CENDRET – Convenio Perú – Holanda.
- Proyecto “Ampliación de la Frontera Agrícola con utilización de las Aguas Subterráneas” 1987 – DGAS.
- La Dirección General de Estudios y Proyectos del INRENA ejecutó el “Diagnóstico del Aprovechamiento de Aguas Subterráneas del valle Piura (parte alta)” - 1994 - (DGEP).
- “Investigación Hidrogeológica de Explotación del Acuífero del valle Piura (parte alta)” INRENA-DGEP – 1994.
- “Estudio Hidrogeológico para la localización y diseño de pozos con fines de captación de Aguas Subterráneas para uso múltiple en el valle Piura (parte alta)” Zona I-II-III, 1997.



FOTOGRAFÍA N° 02

Vista del río Piura, en su recorrido por el sector denominado Ñacara. Se observa asimismo la terraza de primer orden (T_1)

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

- 3.1.0 Ubicación
- 3.2.0 Vías de comunicación
- 3.3.0 Demografía
- 3.4.0 Recursos agropecuarios e industriales



3.0.0 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1.0 Ubicación

El área de estudio (parte media y alta de la cuenca del río Piura) está ubicado en la costa norte del país; habiéndose delimitado una área de investigación de aproximadamente 3,773 Km².

Políticamente pertenece a la provincia de Morropón y al departamento de Piura y comprende los distritos de San Miguel del Faique, San Juan de Bigote, Salitral, La Matanza, Buenos Aires, Morropón, Chulucanas y Tambogrande. Ver figura N° 3.1

Geográficamente, el área está comprendida entre las siguientes coordenadas del Sistema Transversal Mercator:

Este : 558800 m y 661400 m
Norte : 9 372400 m y 9 462300 m

3.2.0 Vías de comunicación

La infraestructura vial del valle en estudio, está constituida por 3 redes fundamentales:

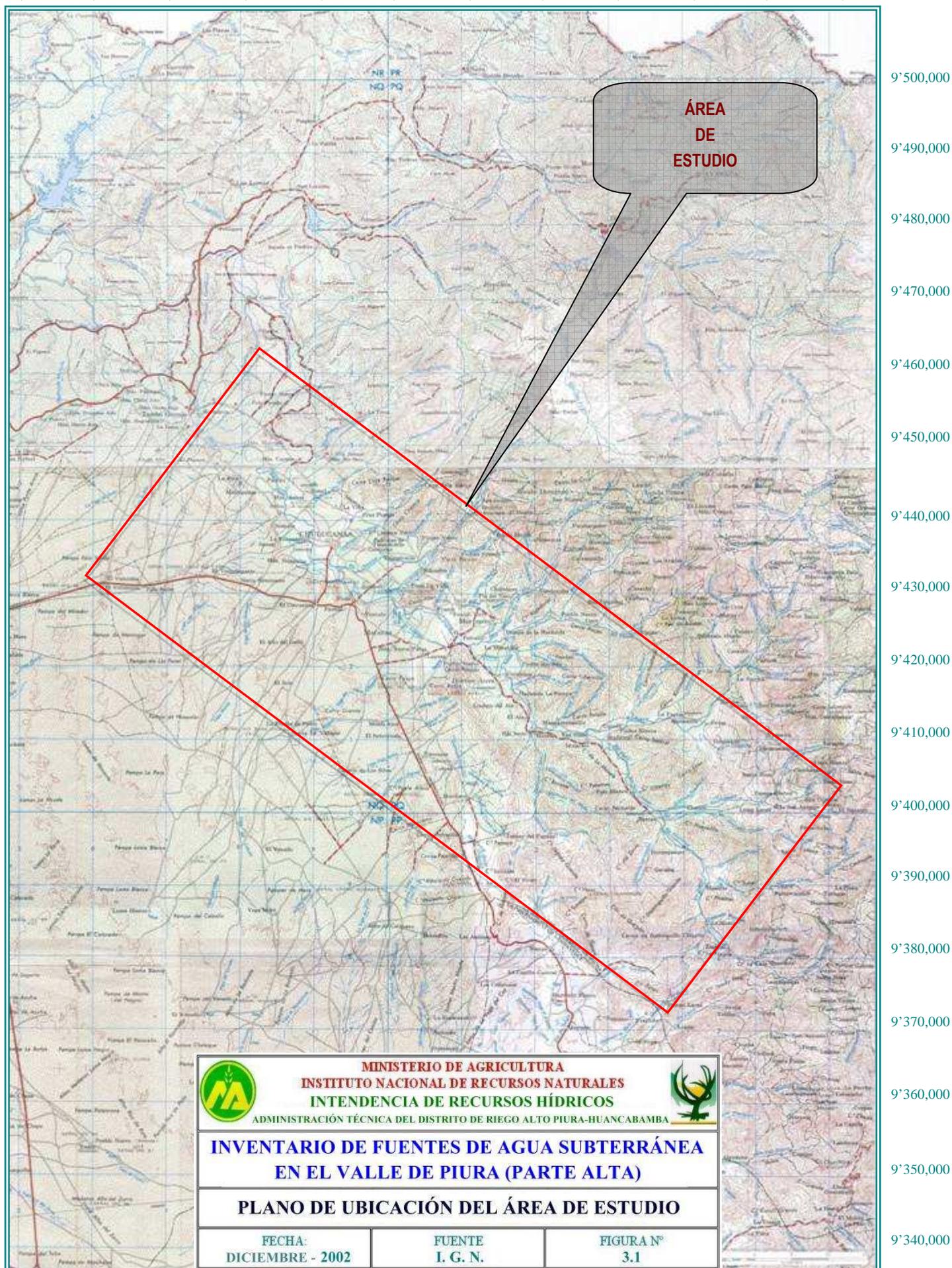
- Una red primaria que permite conectar el área de estudio y corresponde a la antigua carretera Panamericana Norte (Ñaupe), y que cruza transversalmente la parte media del valle. Dicha carretera conecta por la parte norte con el departamento de Piura y por el sur con la provincia de Chiclayo. Ver fotografía N° 01.
- Una red secundaria que permite interconectarse con los distritos de Morropón, La Matanza, Salitral, Buenos Aires, Chulucanas, San Miguel del Faique, San Juan de Bigote y Tambogrande. Ver fotografía N° 02.
- Una red terciaria constituida por aquellas carreteras de carácter local que une los pueblos de Batanes, Vicús, Yapatera, Charanal, Campanas, Chapica, Serrán, Malacasí, Carrasquillo entre otras, así como también con diversas comunidades y caseríos existentes en la parte alta de la cuenca de Piura.

3.3.0 Demografía

3.3.1 Población del valle

En el cuadro N° 3.1, se muestra el resultado del IX Censo Nacional de Población efectuado en 1993, del cual se deduce que la población total en la parte alta del valle Piura asciende a **211947 habitantes**.

550,000 560,000 570,000 580,000 590,000 600,000 610,000 620,000 630,000 640,000 650,000 660,000



En ese sentido, el censo realizado indica que el 30.33 % (64 283 habitantes) de la población total de la provincia, se encuentra dentro del rango de 15 a 29 años de edad, el 26.64 % (56 453 habitantes) en el rango de 5 a 14 años y, el 14.50 % (30 723 habitantes) en el rango de 30 a 44 años.

Dentro del valle existe una mayor presencia del sexo masculino, que corresponde al 51.37 % (108 872 habitantes). Asimismo, la población se encuentra mayormente concentrada en la zona urbana con el 54.68 % (115 903 habitantes).

CUADRO N° 3.1
POBLACIÓN TOTAL SEGÚN SEXO Y TIPO DE POBLACIÓN
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Descripción (años)	Población			Urbana			Rural		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
< de 6	27 872	14 129	13 743	14 106	7 181	6 925	13 766	6 948	6 818
5 a 14	56 453	28 849	27 604	30 079	15 332	14 757	26 364	13 517	12 486
15 a 29	64 283	32 811	31 472	35 763	18 061	17 712	28 510	14 750	13 760
30 a 44	30 723	15 503	15 220	17 444	8 633	8 811	13 279	6 870	6 409
45 a 64	23 036	12 310	10 826	12 761	6 727	6 034	20 275	5 583	4 792
> de 65	9 580	5 270	4 310	5 750	3 078	2 672	3 830	2 192	1 638
Total	211 947	108 872	103 175	115 903	59 012	56 911	106 024	49 860	45 903

Resultados Definitivos del Censo Nacional: IX de Población y IV de Vivienda.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) – 1993.

Las proyecciones efectuadas por el INEI para el año 2003 indican que la población aumentará de 211 947 a 276 716 habitantes, que equivale a un incremento del 24.53 %.

3.3.2 Población económicamente activa

En el valle estudiado, el 40.50 % (76390 habitantes) de la población total corresponde a una población económicamente activa (PEA) mientras que el 59.50 % (112229 habitantes), a una población económicamente no activa (PENNA). Ver cuadro N° 3.2

En relación a la población económicamente activa, el mayor porcentaje corresponde al grupo de 15 a 29 años (16.11 %) con 30394 habitantes.

CUADRO N° 3.2
POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA DE 6 A MÁS AÑOS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Descripción	Total	6 a 14 años	15 a 29 años	30 a 44 años	45 a 64 años	65 a más años
Distrito de San Miguel del Faique	30070	8071	10585	5852	4019	1543
P.E.A	19608	963	8248	5626	3763	1008
P.E.N.A	10462	7108	2337	226	256	535
Distrito de San Juan de Bigote	6348	2063	1892	1191	879	323
P.E.A	2367	151	889	683	491	153
P.E.N.A	3981	1912	1003	508	388	170
Distrito de Salitral	6986	2181	1992	1328	1053	432
P.E.A	2617	92	978	741	600	206
P.E.N.A	4369	2089	1014	587	453	226
Distrito de Buenos Aires	8559	2562	2460	1614	1312	611
P.E.A	2950	122	1020	900	690	218
P.E.N.A	5609	2440	1440	714	622	393
Distrito de La Matanza	10304	3510	2940	1903	1401	550
P.E.A	3328	195	1255	965	718	195
P.E.N.A	6976	3315	1685	938	683	355
Distrito de Morropón	12359	3699	3722	2278	1826	834
P.E.A	4472	144	1617	1343	1002	366
P.E.N.A	7887	3555	2105	935	824	468
Distrito de Chulucanas	61721	18692	18954	11399	8810	3866
P.E.A	21440	893	8139	6334	4624	1450
P.E.N.A	40281	17799	10815	5065	4186	2416
Distrito de Tambogrande	52272	15146	18079	9762	6721	2564
P.E.A	19608	963	8248	5626	3763	1008
P.E.N.A	32664	14183	9831	4136	2958	1556
Total del Valle	188619	55924	60624	35327	26021	10723
P.E.A. del Valle	76390	3523	30394	22218	15651	4604
P.E.N.A. del Valle	112229	52401	30230	13109	10370	6119

Resultados Definitivos del Censo Nacional: IX de Población y IV de Vivienda
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

3.4.0 Recursos agropecuarios e industriales

El valle Piura en su parte alta; tiene en la actualidad **17,534.53 hectáreas** bajo riego, observándose que los cultivos que más destacan son el maíz, arroz y mango; con el 38,70 %, 23,60 % y 12.40 % del área total cultivada respectivamente. Por otro lado debe señalarse que le siguen en importancia los cultivos de limón, plátano y frijón, tal como se observa en el cuadro N° 3.3.

CUADRO N° 3.3
INVENTARIO DE CULTIVOS, CAMPAÑA AGRÍCOLA AÑO 2002
VALLE PIURA (PARTE ALTA)

Tipo	Cultivo	Área (Has)	%
1	Limón	1,805.08	10,30
2	Mango	2,176.75	12,40
3	Plátano	1,020.59	5,80
4	Palto	10.00	0,10
5	Coco	17.50	0,10
6	Arroz	4,144.46	23,60
7	Algodón	557.90	3,20
8	Maíz	6,787.67	38,70
9	Yuca	311.55	1,80
10	Frijol	683.03	3,90
11	Naranja	10.00	0,10
12	Cacao	10.00	0,10
Total (Hás)		17,534.53	100.00

Fuente: Intención de siembra – Campaña 2,002 ATDR Alto Piura - Huancabamba

En relación a la parte pecuaria, la ganadería no está bien desarrollada; la mayoría de pobladores se dedican a la crianza de animales menores para su propio consumo y en algunos fundos, pero en menor proporción a la crianza de ganado vacuno y porcino.



FOTOGRAFÍA N° 03

Pozo tubular equipado con motor eléctrico y bomba turbina vertical, utilizado con fines agrícolas.

CARÁCTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

- 4.1.0 Afloramientos rocosos
- 4.2.0 Depósitos aluviales
- 4.3.0 Depósitos coluviales
- 4.4.0 Depósitos fluviales
- 4.5.0 Depósitos eólicos
- 4.6.0 Depósitos aluvionales

4.0.0 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

En toda investigación hidrogeológica es importante tener conocimiento de la estructura geológica de la zona la misma que debe tener relación a la naturaleza de los materiales existentes y a la distribución de los mismos tanto permeables y/o impermeables, fallas, así como a los afloramientos del zócalo y otros; debido a que estas características condicionan el funcionamiento del complejo acuífero y el desplazamiento de las aguas subterráneas. En ese sentido; el presente estudio ha tenido como objetivo determinar las características geológicas orientadas a la interpretación de la hidrogeología del valle Piura (parte alta). Para lograr este objetivo, se ha realizado estudios relativos a su constitución litológica y a la estratigráfica del lugar.

Para una mayor comprensión de la descripción de los paisajes geomórficos se ha discretizado en el área de estudio, cinco (05) unidades hidrogeológicas:

- Afloramientos rocosos
- Depósitos aluviales
- Depósitos coluviales
- Depósitos eólicos
- Depósitos aluvionales

El levantamiento geológico-geomorfológico del área de estudio, se muestra en el plano de la Lámina N° 4.1

4.1.0 Afloramientos rocosos

Esta unidad se ubica mayormente en el Alto Piura, rodeando a la mitad superior de la llanura en sus dos flancos y a la mitad inferior en su flanco derecho, dando lugar al paisaje más accidentado del área estudiada, formando cerros, colinas y quebradas profundas. Ver fotografías N°s 04 al 07, 32 y 33.

En el área de estudio, la estructura rocosa que rodea al primer sector de la llanura pertenece casi íntegramente, al grupo Olmos–Morropón y a la formación Ñaupe. El flanco derecho del sector inferior de la llanura está conformado, mayormente por los grupos Lomas–Lancones y Olmos–Morropón y en menor proporción por las formaciones Yapatera y Tambogrande. Esta estructura se encuentra atravesada por una serie de quebradas profundas en forma de “V” como San Jorge, Las Pampas, Guanábano y Yapatera, a excepción de la quebrada Paccha cuya sección transversal tiene forma de “U”, todas las quebradas antes nombradas han tenido origen estructural y su orientación por lo general, sigue el rumbo de las fallas y de los pliegues.

Esta unidad, se encuentra ubicada en ambas márgenes del río Piura, también en algunos cerros testigos, los mismos que se encuentran dispersos en todo el valle. Los afloramientos rocosos están conformados por las formaciones y grupos geológicos que a continuación se describen.



FOTOGRAFÍA N° 04

Obsérvese el lecho actual del río ($Q - t_0$), el cual se ha extendido en ambas márgenes. Distrito de San Juan de Bigote.



FOTOGRAFÍA N° 05

Vista de la primera terraza ($Q - t_1$) ubicada en el sector de La Encantada, del distrito de Chulucanas

4.1.1 Grupo Olmos–Morropón (Pz-ol-mo)

Las formaciones Olmos y Morropón, por no encontrarse bien diferenciadas han sido integradas para su estudio en un solo grupo, y toman el nombre mencionado anteriormente, debido a que afloran en los alrededores de los pueblos de Olmos y Morropón.

Este grupo está constituido esencialmente por una secuencia de gneis y esquistos arcillos-micáceos de color gris verdoso, de aspecto lustroso y compacto; hacia el tope presenta colores más claros con intercalaciones de filitas y tufos volcánicos.

Afloran al sureste de Morropón, en los pueblos de Buenos Aires, Malacasí, San Juan de Bigote y otros, observándose un corte litológico de este grupo en la carretera antigua Panamericana ubicada entre Ñaupe y el Km. 65.

Desde el punto de vista genético, las rocas que conforman este grupo presenta permeabilidad muy baja, por lo que su importancia como acuífero es mínimo, y en consecuencia se le considera como el substrato rocoso impermeable para el almacenamiento de aguas subterráneas.

4.1.2 Grupo Lomas - Lancones (Ki-lo)

Las formaciones Lomas y Lancones, por no estar bien diferenciadas han sido agrupadas en una sola para su estudio. Litológicamente está constituida por rocas andesíticas, tufáceas y con bancos de coladas volcánicas, presentando en la parte superior horizontes calcáreos y areniscas arcósicas.

Este grupo aflora en la parte norte y noreste de las localidades de Sancar, Valiente, en la quebrada Salitral, en los cerros Chapica, Vicús y otros. Estratigráficamente suprayace en discordancia erosional y angular en gran parte, a las formaciones del paleozoico, y en menor proporción a la formación Ñaupe que infrayace a formaciones recientes.

Petrologicamente es considerado impermeable, aunque por su posición estructural, extensión y localización que presenta dentro del área de estudio, puede favorecer la infiltración de las aguas provenientes de las lluvias de las partes altas de la cuenca.

4.1.3 Formación Ñaupe (Ki-ña)

Es una secuencia de cuarcitas claras de aproximadamente 250 m de potencia, las cuales afloran mayormente al lado derecho de la Panamericana Norte y a lo largo de los cerros que se suceden entre el pueblo de Ñaupe y el desvío de la carretera a Morropón.



FOTOGRAFÍA N° 06

Vista del río Bigote en su parte inicial. Al fondo se aprecia afloramientos rocosos, los cuales forman parte del límite de acuífero.



FOTOGRAFÍA N° 07

Vista de la quebrada Talandracas, la cual está rodeada por afloramientos rocosos, que en su conjunto forman parte del límite de acuífero.

Esta formación suprayace indistintamente a las formaciones más antiguas en discordancia erosional y angular.

La formación Ñaupe está constituida por rocas impermeables que permiten sólo en parte, el filtrado del fluido; lo cual se debe principalmente al diaclasamiento que presenta.

4.1.4 Formación Yapatera (Ti-ya)

Se denomina así, a una secuencia sedimentaria de tipo continental conformada por conglomerados con intercalaciones de areniscas tufáceas, que afloran al norte de Chulucanas, en las localidades de Yapatera, La Viña y Cruz Pampa.

Los bancos de conglomerados contienen casi exclusivamente rodados de cuarcitas y esquistos en una matriz areno tufácea; mientras que las areniscas son generalmente de color rojo violáceo.

Estratigráficamente, esta formación suprayace en discordancia erosional al grupo Lomas–Lancones; su relación superior es desconocida.

Debido a la textura que presenta esta formación, se le considera como portadora de aguas subterráneas hacia la cuenca; aunque su extensión no está aún determinada.

4.1.5 Formación Tambogrande (Ts-tg)

Es una secuencia de conglomerados y tufos blanquecinos subhorizontales que aflora en los alrededores de la localidad de Tambogrande, y que han sido depositados indistintamente en discordancia angular, sobre formaciones más antiguas. El conglomerado contiene gran variedad de guijarros de diferentes tipos de rocas.

Por su posición estratigráfica, la formación Tambogrande pertenece al terciario superior correlacionable con la formación Tablazo.

Desde el punto de vista hidrogeológico, estas rocas por sus características litológicas pueden ser consideradas como un acuífero de aceptables condiciones; encontrándose menos compacta que la formación Yapatera.

4.1.6 Rocas intrusivas

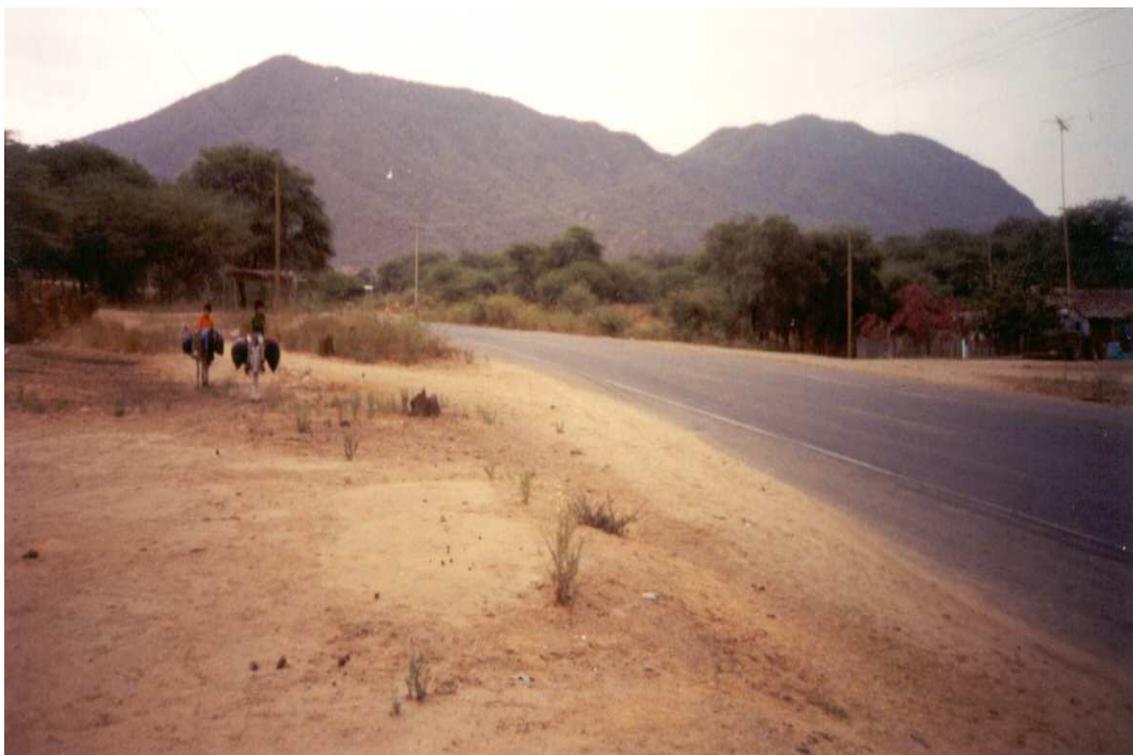
En el área de estudio principalmente en el Alto Piura, afloran estas rocas, las cuales están relacionadas con el Batolito de la Costa.

Batolito de la costa (Ti-gd)

Está constituido mayormente por granodioritas y en menor proporción, por tonalitas y granitos. Tiene un recorrido longitudinal en la parte **este** del Alto Piura. Aparentemente la composición petrológica del batolito en este sector es homogénea, variando de tonalita a granodiorita y presentando una textura de grano medio a grueso. Topográficamente conforma pendientes bien pronunciadas y barrancos alargados.

El batolito de la costa, se encuentra mayormente emplazado en terrenos paleozoicos (grupo Olmos-Morropón), y en menor proporción, en terrenos del cretáceo (formación Ñaupe y grupo Lomas-Lancones) y terciarios (formaciones Yapatera y Tambogrande).

Genéticamente, estas rocas son bastante compactas, por lo tanto son consideradas como impermeables al flujo hídrico subterráneo.



FOTOGRAFÍA N° 08

Vista del cerro Vicús, ubicado en la parte intermedia del valle, aproximadamente en el kilómetro 50, saliendo de la ciudad de Chulucanas

4.2.0 Depósitos aluviales (Q-al)

Son acumulaciones de clásticos, que se encuentran constituidos por arenas, arcillas, limos, gravas y conglomerados, entremezclados en diferentes proporciones debido a que han sido depositados bajo condiciones muy variables en cuanto a volumen y velocidad de flujo. Estos depósitos constituyen el área agrícola del valle Piura.

En las quebradas de los ríos tributarios como río Seco, Chalpa, Pusalca, Carrizo, Bigote, Limonal, Diques, La Gallega y otros, los sedimentos están constituidos por materiales clásticos gruesos, dándole a los sedimentos un carácter de alta permeabilidad.

Desde el pueblo de El Ala, la llanura se ensancha considerablemente hasta Morropón, donde es interrumpido por el cerro Piedra Blanca, que con el cerro Santo Tomé, forma una garganta por donde discurre el río Piura. Se observan terrazas en los ríos Bigote, Corral del Medio y La Gallega, en esta última hasta en tres niveles; asimismo, a lo largo del río Piura, a la altura de los Pueblos El Ala y Buenos Aires, se observa terrazas hasta en dos niveles. Ver fotografías N°s 08 y 09.

El tramo de la llanura comprendido entre el cerro Pabur y Tambogrande, ha sido formado por depósitos del río Piura y sus tributarios (Las Damas, Charanal, Yapatera, río Seco y Paccha) lo que se hace evidente por la presencia de innumerables cursos antiguos, observándose además numerosas terrazas a lo largo de su recorrido alguna de ellas hasta en tres niveles.

Debe indicarse que el depósito fluvial o lecho actual del río es un conjunto heterogéneo e inconsolidado, constituido por arenas de grano medio a grueso y subredondeado, limos y arcillas que se vienen depositando, principalmente, a lo largo de su cauce al disminuir el poder de transporte del mismo.

Los sedimentos que conforman la llanura tienen su origen en las rocas que afloran en la mitad superior en sus dos flancos, y en la mitad inferior en su flanco derecho, los cuales están constituidos por materiales clásticos gruesos y finos, de buena permeabilidad.

4.3.0 Depósitos coluviales (Q-col)

Estos depósitos están constituidos por materiales detríticos angulosos, los cuales se encuentran en las laderas y en la parte inferior de los cerros formando los llamados “pie de monte”. Son materiales que se producen por la erosión y que descienden por efectos de la gravedad hacia los niveles inferiores. Estos depósitos se observan mayormente en la parte alta del valle.



FOTOGRAFÍA N° 09

Primera terraza (Q-t₁) ubicada en el sector Buenos Aires, obsérvese el lecho actual del río Piura (Q-to), donde se observa cantos rodados de diverso diámetro.



FOTOGRAFÍA N° 10

Primera terraza (Q-t₁) ubicada en la margen derecha del río, en el sector Sol Sol del distrito de Chulucanas.

Por su localización y volumen, los depósitos coluviales carecen de importancia para la búsqueda de aguas subterráneas.

4.4.0 Depósitos eólicos (Q-e)

Constituyen los depósitos areno-arcillosos más importantes del área de estudio y se encuentran formando el manto mueble que cubre gran parte del Bajo, Medio y en menor proporción el Alto Piura. Estos depósitos se presentan en forma de mantos propiamente dichos o en forma de dunas.

En el Alto Piura estos depósitos se observan a lo largo de la margen izquierda del río Piura y por la parte occidental desde la localidad de Carrasquillo hasta Ñaupe.

4.5.0 Depósitos aluvionales (Q-alu)

Estos depósitos se encuentran mayormente en el Alto Piura y están constituidos por arenas, arcillas, gravas y fragmentos rocosos (bloques) angulares, sub-angulares o sub-redondeados. No presentan selección de material por su composición y por la manera como se presentan en el valle, se deduce que éstos depósitos se formaron en la última deglaciación del pleistoceno.

Tiene poca importancia como potencial acuífero, pues así lo prueban los pozos existentes en la zona de Sancor (Chulucanas), que sirven sólo para el abastecimiento doméstico (reducido caudal).



FOTOGRAFÍA N° 11

Lecho del río Bigote (Q-t₀), observándose al fondo la primera terraza (Q-t₁) y afloramientos rocosos, este conforma el límite de acuífero



FOTOGRAFÍA N° 12

Perfil de la primera terraza (Q-t₁) en la margen izquierda del río en el sector Loma Negra del distrito de La Matanza.



FOTOGRAFÍA N° 13

Vista de la quebrada de las Damas, ubicada en el distrito de Chulucanas. Se aprecia el lecho de río (Q-t₀) y la primera terraza (Q-t₁), al fondo los afloramientos rocosos.



FOTOGRAFÍA N° 14

Afloramientos rocosos ubicados en el sector de Talandracas, distrito de Chulucanas, que se encuentran muy erosionados



INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

- 5.1.0 Inventario de pozos
- 5.2.0 Clave para identificar los pozos
- 5.3.0 Tipos de pozos inventariados
- 5.4.0 Estado de los pozos inventariados
- 5.5.0 Uso de los pozos
- 5.6.0 Rendimiento de los pozos
- 5.7.0 Explotación del acuífero mediante pozos
- 5.8.0 Características técnicas de los pozos
- 5.9.0 Explotación actual de las aguas subterráneas

5.0.0 INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA

Su objetivo fue determinar la cantidad y situación actual de los pozos, cuyo resultado permitirá conocer la situación física y técnica de éstos, así como también; cuantificar la masa de agua que se explota del acuífero.

En el área de estudio existe sólo un (01) tipo de fuente de agua subterránea (artificial), representado por los pozos cuyas características se describen a continuación:

5.1.0 Inventario de pozos

El inventario de pozos se realizó durante los meses de julio a diciembre del 2002, para ello fue necesario contar con personal técnico, el mismo que estuvo distribuido en tres (03) brigadas, cuya función fue la recolección de información de campo. Ver fotografía N° 15

El trabajo consistió en actualizar la información técnica concerniente a los pozos, con el propósito de contar con la base de datos necesarios para cumplir con el objetivo del estudio.

La actualización del inventario se efectuó desde el sector Piedra Azul parte alta del valle (distrito San Miguel del Faique) hasta Malingas parte baja del valle (distrito de Tambogrande), abarcando los distritos de Salitral, La Matanza, San Juan de Bigote, Buenos Aires, Morropón y Chulucanas.

En el valle se ha inventariado un total de **1545 pozos**; los que inicialmente se ubicaron en planos catastrales a escala 1/10,000 y posteriormente en planos a escala 1/25,000. La ubicación de las fuentes de agua pueden observarse en la Lámina N° 5.1 y, las características técnicas y las medidas realizadas en los pozos en el Anexo I: Inventario de Fuentes de Agua Subterránea. En el cuadro N° 5.1 se muestra el número de pozos por distrito político.

**CUADRO N° 5.1
DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS POR DISTRITO POLÍTICO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Distrito	N° de Pozos	%
Tambogrande	30	1,94
Chulucanas	867	56,12
La Matanza	148	9,58
Buenos Aires	174	11,26
Morropón	83	5,37
Salitral	172	11,13
San Juan de Bigote	55	3,56
San Miguel del Faique	16	1,04
Total	1545	100,00

5.2.0 Clave para identificar los pozos

Para la identificación de los pozos inventariados se emplea la clave respectiva, que está conformada por cuatro (04) números, los tres primeros (1°, 2° y 3°) corresponde a los códigos del departamento, provincia y distrito respectivamente, mientras que el 4°, se le asigna al pozo de acuerdo a un orden correlativo.

La base de los códigos de los pozos en el área de estudio se muestra en el cuadro N° 5.2

CUADRO N° 5.2
CÓDIGO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LOS POZOS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Distrito	Código Base
Chulucanas	20/04/01
Buenos Aires	20/04/02
La Matanza	20/04/04
Morropón	20/04/05
Salitral	20/04/06
San Juan de Bigote	20/04/07
Tambogrande	20/04/11
San Miguel del Faique	20/04/12

Así por ejemplo, la clave del pozo N° 568 que está ubicado en el distrito de Chulucanas, es el **IRHS N° 20/04/01-0568**, en donde las siglas **IRHS** significa “Inventario de Recursos Hídricos Subterráneos”, el código 20 representa al departamento de Piura, el 04 a la provincia de Morropón, el 01 al distrito de Chulucanas y el cuarto código – 0568, al número del pozo inventariado.

5.3.0 Tipo de pozos inventariados

El inventario de pozos efectuado en el área de estudio, a registrado un **total de 1 545** de los cuales 485 (31,39 %) son tubulares, 277 (17,93 %) a tajo abierto y 783 (50,68 %) mixtos, que en los items siguientes se describen. El resultado del inventario se muestra en el cuadro N° 5.3.

5.3.1 Pozos tubulares

En el área de estudio se ha registrado **485 pozos tubulares**, que en su conjunto representan el 31,39 % del total inventariado, observándose la mayor concentración en el distrito Chulucanas con 318 pozos, seguido por La Matanza y Buenos Aires con 120 y 21 pozos respectivamente. Por otro lado, los distritos San Juan de Bigote y San Miguel del Faique son los de menor densidad con sólo un pozo respectivamente. Ver cuadro N° 5.3



FOTOGRAFÍA N° 15

Personal técnico midiendo el nivel estático del pozo tubular sin equipo utilizable IRHS 775, ubicado en el sector Huápalas, distrito de Chulucanas.



FOTOGRAFÍA N° 16

Personal técnico realizando la medición en el pozo tubular utilizable IRHS 660, ubicado en el distrito de Chulucanas.

5.3.2 Pozos a tajo abierto

Son los más utilizados en la parte alta del valle Piura, registrándose **783 pozos**, que representan el 50.68 % del total inventariado.

Debe indicarse que es el distrito de Chulucanas donde se ubica la mayor densidad de pozos (489), seguido por Salitral y Buenos Aires con 109 y 76 pozos respectivamente. Por otro lado el distrito de San Miguel del Faique es el menor denso con sólo (05) pozos. Ver cuadro N° 5.3

5.3.3 Pozos mixtos

En el área investigada se ha registrado **277 pozos**, que representan el 17.93 % del total inventariado.

El distrito de Buenos Aires con 77 pozos es el más denso, seguido por Chulucanas con 60 pozos. Por otro lado, los distritos de La Matanza y Tambogrande con 06 y 02 pozos respectivamente son los menos densos. Ver cuadro N° 5.3

CUADRO N° 5.3
DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS SEGÚN SU TIPO Y POR DISTRITO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Distrito	Estadística	Tipo de Pozo			
		Tubular	Mixto	Tajo Abierto	Total
Tambogrande	N° de pozos	08	02	20	30
	%	0,52	0,13	1,29	1,94
Chulucanas	N° de pozos	318	60	489	867
	%	20,58	3,88	31,65	56,11
La Matanza	N° de pozos	120	06	22	148
	%	7,77	0,39	1,42	9,58
Buenos Aires	N° de pozos	77	21	76	174
	%	4,98	1,36	4,92	11,26
Morropón	N° de pozos	48	05	30	83
	%	3,11	0,32	1,94	5,37
Salitral	N° de pozos	52	11	109	172
	%	3,37	0,71	7,06	11,13
San Juan de Bigote	N° de pozos	22	01	32	55
	%	1,42	0,06	2,07	3,56
San Miguel del Faique	N° de pozos	10	01	5	16
	%	0,65	0,06	0,32	1,03
Total	Total de pozos	485	277	783	1545
	% Total	31,39	17,93	50,68	100,00

5.4.0 Estado de los pozos inventariados

5.4.1 Pozos utilizados

En el área de estudio se han inventariado **519 pozos** utilizados, que representan el 33,59 % del total inventariado. Ver cuadro N° 5.4

CUADRO N° 5.4
DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS SEGÚN SU ESTADO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Distrito	Utilizado		Utilizable		No Utilizable		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Tambogrande	0	0,00	12	1,41	18	10,17	30	1,94
Chulucanas	355	68,40	410	48,29	102	57,63	867	56,12
La Matanza	50	9,63	93	10,95	5	2,82	148	9,58
Buenos Aires	36	6,94	123	14,49	15	8,47	174	11,26
Morropón	34	6,55	47	5,54	2	1,13	83	5,37
Salitral	28	5,39	125	14,72	19	10,73	172	11,13
San Juan de Bigote	11	2,12	29	3,42	15	8,47	55	3,56
San Miguel del Faique	05	0,96	10	1,18	01	0,56	16	1,04
Total	519	33,59	849	54,95	177	11,46	1545	100,00

Del total de pozos utilizados que se han inventariado en el área de estudio, **224 pozos** son a tajo abierto, **253** tubulares y **42** mixtos, presentando mayor densidad el distrito de Chulucanas con 355 pozos. Por otro lado, los distritos de San Miguel del Faique y San Juan de Bigote con 05 y 11 pozos respectivamente son los que presentan menor densidad. Ver cuadro N° 5.5

CUADRO N° 5.5
DISTRIBUCIÓN DE POZOS UTILIZADOS SEGÚN SU TIPO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Distrito	Tubular		Mixto		Tajo Abierto		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Tambogrande	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Chulucanas	154	29,67	33	6,36	168	32,37	355	68,40
La Matanza	44	8,48	03	0,58	03	0,58	50	9,63
Buenos Aires	16	3,08	02	0,39	18	3,47	36	6,94
Morropón	19	3,66	03	0,58	12	2,31	34	6,55
Salitral	11	2,12	0	0,00	17	3,28	28	5,39
San Juan de Bigote	07	1,35	01	0,19	03	0,58	11	2,12
San Miguel del Faique	02	0,39	0	0,00	03	0,58	05	0,96
Total	253	48,75	42	8,09	224	43,16	519	100,00

5.4.2 Pozos utilizables

En el valle se han registrado **849 pozos** que representan el 54.95 % del total inventariado, observándose que gran densidad de pozos ubicados en el distrito Chulucanas (410).

Por otro lado, los distritos Tambogrande y San Miguel del Faique (10) son los menos densos. Ver cuadro N° 5.6

**CUADRO N° 5.6
DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS UTILIZABLES SEGÚN SU TIPO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Distrito	Tubular		Mixto		Tajo Abierto		Total	
	N°	%	Nª	%	N°	%	N°	%
Tambogrande	03	0,35	01	0,12	08	0,94	12	1,41
Chulucanas	132	15,55	22	2,59	256	30,15	410	48,29
La Matanza	72	8,48	03	0,35	18	2,12	93	10,95
Buenos Aires	53	6,24	18	2,12	52	6,12	123	14,49
Morropón	28	3,30	02	0,24	17	2,00	47	5,54
Salitral	36	4,24	11	1,30	78	9,19	125	14,72
San Juan de Bigote	12	1,41	0	0,00	17	2,00	29	3,42
San Miguel del Faique	07	0,82	01	0,12	02	0,24	10	1,18
Total	343	40,40	58	6,83	448	52,77	849	100,00

5.4.3 Pozos no utilizables

Son aquellos que durante el inventario se encuentran secos, derrumbados, enterrados y/o salinizados, figurando en este estado **177 pozos** (11.46 % del total de pozos inventariado), siendo en su mayoría pozos a tajo abierto.

El distrito de Chulucanas con 102 pozos es el mas denso, seguido de los distritos Salitral y Tambogrande con 19 y 18 pozos respectivamente.

5.5.0 Uso de los pozos

En el área de estudio se ha inventariado 519 pozos utilizados (operativos) de los cuales 242 son de uso agrícola, 240 domésticos, 33 pecuarios y 04 industriales.

5.5.1 Pozos de uso doméstico

El inventario efectuado ha registrado **240 pozos** de este uso, mayormente tubulares (46.24 % del total).

El distrito de Chulucanas con 140 pozos es el más denso, por otro lado Tambogrande con sólo 03 pozos es el menos denso. Ver cuadro N° 5.7

CUADRO N° 5.7
TIPO DE POZOS UTILIZADOS SEGÚN SU USO Y POR DISTRITO POLÍTICO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Distrito	Tipo de Pozo según su Uso				Total
	Doméstico	Industrial	Agrícola	Pecuario	
Tambogrande	0	0	0	0	0
Chulucanas	140	01	189	25	355
La Matanza	39	0	07	04	50
Buenos Aires	14	0	20	02	36
Morropón	15	0	18	01	34
Salitral	19	03	6	0	28
San Juan de Bigote	10	0	01	0	11
San Miguel del Faique	3	0	01	01	05
Total	240	4	242	33	519

5.5.2 Pozos de uso agrícola

En el área de estudio se ha registrado **242 pozos** de este uso, que representan el 46.63 % del total de pozos utilizados, siendo el distrito de Chulucanas con 189 pozos, como el más denso. Ver cuadro N° 5.7

5.5.3 Pozos de uso pecuario

El inventario ha registrado 33 pozos de este uso, que representan el 6.36 % del total de pozos utilizados, encontrándose la mayor concentración en el distrito de San Juan de Bigote con 25 pozos (4.82 %). Ver cuadro N° 6.7

5.5.4 Pozos de uso industrial

En el área de estudio se registró 04 pozos de este uso, ubicándose sólo en los distritos de Salitral (03) y Chulucanas (01).

5.6.0 Rendimiento de los pozos

Los rendimientos de los pozos utilizados según su tipo, se muestran en los cuadros de características técnicas, medidas realizadas y volúmenes de explotación de pozos que se presentan en el Anexo I: Inventario de Fuentes de Agua Subterránea.

Analizando los cuadros antes mencionados, se ha determinado que los máximos rendimientos explotados mediante pozos tubulares se presenta en los distritos de Morropón, Buenos Aires y Chulucanas; específicamente en los pozos IRHS 45, 132 y 666 con caudales de 54 l/s, 52 l/s y 35 l/s respectivamente.

En relación a los pozos a tajo abierto, los máximos caudales que se explotan fluctúan entre 52 l/s (IRHS N° 82) y 42 l/s (IRHS N° 15), uno ubicado en Salitral y el otro en Buenos Aires respectivamente.

En los pozos mixtos, el caudal máximo fue de 44 l/s y fue obtenido en el pozo IRHS 594 ubicado en el distrito de Chulucanas. Asimismo en el distrito de Buenos Aires se han obtenido caudales hasta de 24 l/s (IRHS 115).

El rendimiento más bajo de los pozos es variable, en los tubulares fluctúa entre 2 y 12 l/s, en los tajos abiertos de 1,5 a 12 l/s y en los mixtos de 10 a 14 l/s. Esta baja producción de los pozos se debe a varios factores, siendo el principal su antigüedad de los pozos y también a la deficiencia de sus bombas instaladas. Ver cuadro N° 5.8

**CUADRO N° 5.8
VARIACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS SEGÚN EL TIPO
DE POZO - VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Distrito		Tajo Abierto		Tubular		Mixto	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Tambogrande	Ubicación	-	-	-	-	-	-
	IRHS	-	-	-	-	-	-
	Caudal (l/s)	-	-	-	-	-	-
Chulucanas	Ubicación	Sol Sol	-	La Encantada	-	Bodegas	Callejones
	IRHS	578	-	666	-	594	759
	Caudal (l/s)	12	-	35	-	44	10
La Matanza	Ubicación	-	-	-	-	-	-
	IRHS	-	-	-	-	-	-
	Caudal (l/s)	-	-	-	-	-	-
Buenos Aires	Ubicación	Morroponcito	Piedra Herrada	Santo Tomé	Chihuahua	Vejudal	Cajalobos
	IRHS	15	75	132	151	115	54
	Caudal (l/s)	42	12	52	2	24	14
Morropón	Ubicación	La Talanquera	Morropón	Coco Pasalaco	Franco Bajo	Piura La Vieja	Paltal
	IRHS	4	51	45	24	16	57
	Caudal (l/s)	14	1,5	54	12	14	13
Salitral	Ubicación	Cisneros	El Algodonal	-	-	-	-
	IRHS	82	23	-	-	-	-
	Caudal (l/s)	52	3	-	-	-	-
Bigote	Ubicación	Bigote	-	-	-	Bigote	-
	IRHS	52	-	-	-	54	-
	Caudal (l/s)	15	-	-	-	15	-
San Miguel de el Faique	Ubicación	El Faique	-	El Faique	-	-	-
	IRHS	4	-	10	-	-	-
	Caudal (l/s)	12	-	35	-	-	-

5.7.0 Explotación del acuífero mediante pozos

Con el propósito de evaluar los volúmenes de explotación anual de las aguas subterráneas mediante pozos, se analizó la información del presente estudio y de años anteriores.

5.7.1 Explotación en los años 1978 – 1980 – 1993 – 1999

En 1978, se registraron 428 pozos utilizados, entre tubulares y a tajo abierto, cuyos aforos determinaron que el volumen de agua explotado del acuífero fué de 108'099,000 m³ (108.10 MMC), que equivale a un caudal continuo de explotación de 3.42 l/s.

En 1980, con 428 pozos utilizados, se explotó una masa de agua de 99'040,000 m³ (99.04 MMC), que equivale a un caudal continuo de 3,14 l/s. En 1993, con 384 pozos utilizados se extrajo del acuífero 71'643 358,00 m³ (71.64 MMC) de agua subterránea que equivale a 2,27 l/s. Ver cuadro N° 5.9

**CUADRO N° 5.9
VOLÚMENES DE EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS
EN LOS AÑOS 1978, 1980 Y 1993 – VALLE PIURA (PARTE ALTA)**

Año	Volumen de Explotación		
	m ³	MMC	Caudal (l/s)
1978	108'099,000	108.09	3,42
1980	99'040,000	99.04	3,14
1993	71'643,358	71.64	2,27
1999	49'389,022	49.39	1,57

5.7.2 Explotación en el 2002

- **Según su uso**

En el presente estudio, el volumen total explotado de aguas subterráneas mediante pozos fue de **35'699252,80 m³** (35.70 MMC), que equivale a un caudal continuo de 1,13 l/s.

En relación al uso de las aguas subterráneas, de la masa total explotada; el 76,94 % (27'465434,20 m³) se utilizó con fines agrícolas, el 22,93 % (8'185133,00 m³) a uso doméstico, el 0,11 % (38544.40 m³) a uso pecuario y el 0,03 % (10141,20 m³) al uso industrial.

En relación a la distribución por uso, el distrito de Chulucanas es donde se explota el mayor volumen de explotación con 27'959636.95 m³ (78,32 %) seguido por La Matanza con 2'565851,45 m³ y Buenos Aires con 2'498671,80 m³. Ver cuadro N° 5.10

CUADRO N° 5.10
VOLÚMENES DE EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SEGÚN
SU USO - VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Distrito	Explotación por Uso (m ³)				Volumen (m ³)
	Doméstico	Agrícola	Pecuario	Industrial	
San Miguel del Faique	20,060.40	21,025.20	255.50	-----	41341,10
San Juan de Bigote	98550.00	7560.00	-----	-----	106110,00
Buenos Aires	398799.00	2 099566.40	306.40	-----	2 498671,80
Salitral	325193.10	315778.60	-----	7887.60	648859,30
La Matanza	577358.05	1953818.40	34675.0	-----	2 565851,45
Morropón	845084.60	1033610	87.60	-----	1878782,20
Chulucanas	5920087.85	22 034075.60	3219.90	2253.60	2 7959636,95
Tambogrande	-----	-----	-----	-----	-----
Total	8 185133.00	27 465434.20	38544.40	10141.20	35 699252.80

- **Según el tipo de pozo**

En el cuadro N° 5.11 se presenta la explotación de las aguas subterráneas por tipo de pozo en el valle estudiado, siendo los pozos tubulares; los que aportan el mayor volumen de agua con **25'696 476,65 m³** que representa el 71,98 % del total explotado.

Por otro lado, a nivel de distrito; Chulucanas es donde se explotan los mayores volúmenes de agua, siendo los pozos tubulares los que aportan el 56.45 % (20 150723,60 m³) del total explotado.

CUADRO N° 5.11
VOLÚMENES DE EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS POR
TIPO DE POZO - VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Distrito	Volumen Explotado (m ³)			
	Tajo Abierto	Mixto	Tubular	Total (m ³)
San Miguel del Faique	21631.10	0	19710.00	41341.10
San Juan de Bigote	15768.00	7560.00	82782.00	106110.00
Buenos Aires	1 034996.66	69083.20	1394592.00	2498671.80
Salitral	306789.90	0	342069.40	648859.30
La Matanza	68036	370465.40	2127350.05	2 565851.45
Morropón	256540.30	42993.18	1579249.60	1878782.00
Chulucanas	4 061251.25	3 747662.10	20 150723.60	27 959636.95
Tambogrande	0	0	0	0
Sub – Total	5 765013,21	4 237763,88	25 696476,65	35 699252.80

5.8.0 Características técnicas de los pozos

5.8.1 Profundidad de los pozos

La profundidad de los pozos en toda la extensión del valle es variable, dependiendo básicamente del tipo, uso y ubicación de cada uno de ellos.

En el área de estudio, las profundidades máximas y mínimas de los pozos son las siguientes:

En los pozos tubulares la profundidad máxima fluctúa entre **17,35 m** y **130,00 m**, en los tajos abiertos de 11,16 m a **74,59 m** y, en los mixtos de **8,20 m** y **46,03 m**. Ver cuadro N° 5.12

**CUADRO N° 5.12
PROFUNDIDADES ACTUALES MÁXIMAS Y MÍNIMAS DE LOS POZOS, SEGÚN
EL TIPO DE POZO - VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Distrito		Tubular		Tajo Abierto		Mixto	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
San Miguel del Faique	IRHS	10	09	11	04	12	----
	Profundidad (m)	27,75	7,60	11,16	8,32	11,85	----
San Juan de Bigote	IRHS	33	35	49	02	54	----
	Profundidad (m)	17,35	0,90	18,00	2,10	8,20	----
Buenos Aires	IRHS	140	150	86	70	115	53
	Profundidad (m)	38,51	2,25	14,50	0,98	21,65	2,30
Salitral	IRHS	42	106	134	13	147	162
	Profundidad (m)	43,00	4,23	26,40	0,10	21,54	4,42
La Matanza	IRHS	130	95	139	64	148	85
	Profundidad (m)	130,00	3,85	74,59	1,50	46,03	10,87
Morropón	IRHS	27	59	58	80	25	57
	Profundidad (m)	34,50	3,55	11,35	5,00	23,95	9,84
Chulucanas	IRHS	753	466	752	216	29	856
	Profundidad (m)	130,00	0,75	57,28	0,35	30,00	2,00
Tambogrande	IRHS	28	09	23	06	11	----
	Profundidad (m)	32,20	19,50	11,90	3,15	21,20	----

5.8.2 Diámetro de los pozos

El diámetro de pozos es variable, en los tubulares fluctúa entre **0.15 m** a **0.64 m**, presentándose los mayores diámetros en los distritos Tambogrande y Chulucanas. Por otro lado, en los tajos abiertos, varía de **1.00 m** a **4.30 m** y en los mixtos de **1.20 m** a **4.00 m**.

5.8.3 Equipo de bombeo

De los **551** pozos equipados en todo el valle, la mayoría se ubican en el distrito de Chulucanas con 304 pozos (55,17 %); seguido de La Matanza con 62 pozos (11,25 %), Buenos Aires con 60 pozos (10,89 %) y Salitral con 48 pozos (8,71 %); la diferencia se encuentra distribuido en los demás distritos.

En el cuadro N° 5.13 se muestra el número de pozos equipados según el tipo de pozo. Las características de los equipos de bombeo se observan en el Anexo I: Inventario de Fuentes de Agua Subterránea.

De los 551 pozos equipados, 189 son equipos accionados por pistón, los mismos que se encuentran distribuidos en todos los distritos que conforman el valle Alto Piura (Parte Alta).

5.8.3.1 Motores

En el área de estudio predominan tres (03) tipos de motores: estacionario (diesel), gasoliner y eléctrico, con potencias que oscilan entre 2 y 120 Hp. Ver Anexo I: Inventario de Fuentes de Agua Subterránea.

Se ha inventariado **362** motores, de los cuales 315 son tipo diesel (87,02 %), 35 gasolineros (9.67 %) y 12 eléctricos (3,31 %).

La marca de los motores es variada, predominando en los tubulares los Perkins y Lister, en menor proporción, Hidrostal, Deutz, Catterpillar y Ford; mientras que en los tajos abiertos prevalecen las marcas Honda, Deutz, Perkins y Yanmar. Ver cuadro N° 6.14



FOTOGRAFÍA N° 17

Motor diesel estacionario marca Caterpillar utilizado en el distrito de Chulucanas.

5.8.3.2 Bombas

De las 362 bombas que se han inventariado en el valle, 205 pozos tienen bombas tipo turbina vertical (56.63 %), mayormente en tubulares, 135 pozos (37.29 %) con bombas tipo centrífuga de succión y 22 pozos con bombas sumergibles (6.08 %).

Asimismo se han registrado 189 pozos tubulares equipados con bombas accionadas por pistón a palanca de las marcas India Mark (Fundación Radda Barnner), Phakask, Baker y E. Wisconsin que representan el 34.30 % del total inventariado. Ver cuadro N° 5.14

**CUADRO N° 5.13
DISTRIBUCIÓN DEL EQUIPAMIENTO DE LOS POZOS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Distrito	Tipo de Pozo	Equipamiento		Total
		Con Equipo	Sin Equipo	
San Miguel del Faique	Tubular	08	02	10
	Mixto	0	01	01
	Tajo Abierto	01	04	05
	Sub – Total	09	07	16
San Juan de Bigote	Tubular	11	11	22
	Mixto	01	0	01
	Tajo Abierto	05	27	32
	Sub – Total	17	38	55
Buenos Aires	Tubular	35	42	77
	Mixto	05	16	21
	Tajo Abierto	20	56	76
	Sub – Total	60	114	174
Salitral	Tubular	31	21	52
	Mixto	02	09	11
	Tajo Abierto	15	94	109
	Sub – Total	48	124	172
La Matanza	Tubular	59	61	120
	Mixto	03	03	6
	Tajo Abierto	0	22	22
	Sub – Total	62	86	148
Morropón	Tubular	35	13	48
	Mixto	04	01	05
	Tajo Abierto	12	18	30
	Sub – Total	51	32	83
Chulucanas	Tubular	177	141	318
	Mixto	37	23	60
	Tajo Abierto	90	399	489
	Sub – Total	304	563	867
Tambogrande	Tubular	0	08	08
	Mixto	0	02	02
	Tajo Abierto	0	20	20
	Sub – Total	0	30	30
Total General		551	994	1545

El estado de los equipos de bombeo mayormente se califica como regulares; aunque en ciertos sectores se encuentran en pésimo estado. Las características de las bombas se muestran en el Anexo I: Inventario de Fuentes de Agua Subterránea.

**CUADRO N° 5.14
MOTORES Y BOMBAS QUE PREDOMINAN
EN EL VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Distrito	Marca de Motor			Marca de Bomba		
	Tajo Abierto	Tubular	Mixto	Tajo Abierto	Tubular	Mixto
San Miguel del Faique	Honda	Chino	-----	Honda	China	-----
		-----	-----	-----	India Mark	-----
San Juan de Bigote	Yanmar	-----	Yanmar	Yanmar	India Mark	Hidrostral
	-----	-----	-----	-----	Baker Meg	-----
Buenos Aires	Lister	Perkins	Lister	India Mark	India Mark	China
	Deutz	Chino	Perkins	Hidrostral	Hidrostral	Hidrostral
	Diesel Engine	Lister	Ruston	Lister	Randolph	Jhonson
Salitral	Lister	Lister	Perkins	India Mark	India Mark	Amarillo
	Perkins	Yanmar	Twin Disc	Lister	Jhonson	Randoph
	Hidrostral	Perkins	-----	Hidrostral	Randoph	Holloshaf
La Matanza	-----	Ford	Perkins	-----	Jhonson	China
	-----	Jhon Deere	Chino	-----	Hidrostral	Hidrostral
	-----	Perkins	Negrini	-----	India Mark	Myers
Morropón	Lister	Perkins	Briggs Stratton	Briggs Stratton	Hidrostral	Hechiza
	Hidrostral	Lister	Lister	Hidrostral	India Mark	China
	Briggs Stratton	Jhon Deere	Chino	Hechiza	Randoph	Ferrostal
Chulucanas	Lister	Lister	Briggs Stratton	India Mark	India Mark	Lister
	Nissan	Hidrostral	Perkins	Briggs Stratton	Amarillo	Jhonson
	Perkins	Nissan	Lister	Jhonson	Jhonson	Perkins
Tambogrande	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----

5.9.0 Explotación actual de las aguas subterráneas

Los aforos realizados en la fase del inventario de las fuentes de agua subterránea, ha permitido determinar la explotación total de las aguas subterráneas que se extrae del acuífero.

Actualmente se explota del acuífero una masa de agua de **35'699252,80 m³** (35.70 MMC), que equivale a un caudal continuo de explotación de 1,13 l/s. Debe indicarse que la explotación del acuífero se realiza exclusivamente mediante pozos (tubulares, tajos abiertos y mixtos).

En relación a los volúmenes de agua explotados del acuífero, se ha elaborado la Lámina N° 5.1 cuyo análisis por zonas se describe a continuación:

5.9.1 Zona I : San Miguel del Faique – Salitral – San Juan de Bigote

En esta zona, el volumen de agua explotado asciende a 796310,40 m³ (0.79 MMC) encontrándose el mayor volumen en el sector Serrán del distrito de Salitral.

Así en el distrito de San Juan de Bigote, el volumen explotado es de 106110,00 m³, encontrándose la mayor masa de agua explotada en el sector Dotor con 21900,00 m³.

En el distrito de Salitral, la masa explotada asciende a 648859,30 m³, siendo los sectores Serrán, Cisneros, Palo Blanco y Malacasí, donde se presentan los mayores volúmenes de agua explotados con 131400,00 m³; 97624,80 m³; 90108,00 m³ y 65695,00 m³ respectivamente, mientras que en el distrito de San Miguel del Faique, el volumen explotado es de 41341,10 m³.

5.9.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona, se ha explotado 3'063987,00 m³ (3.06 MMC) encontrándose los mayores volúmenes explotados en los sectores El Ingenio, La Pampa y Piedra Herrada con 824069,00 m³; 581229,00 m³ y 448312,00 m³ respectivamente.

Por otro lado, los más bajos volúmenes explotados se presentan en los sectores Chihuahua, La Chira y Pueblo Nuevo con 905,00 m³, 350,00 m³ y 250,00 m³ respectivamente.

5.9.3 Zona III : Morropón - La Matanza – Buenos Aires

En esta zona, el volumen de agua explotado del acuífero asciende a 7'669875,00 m³ (7.67 MMC) siendo el sector Morropón el más explotado con 1'670046,00 m³.

Así en el distrito de Morropón, destaca el sector de Morropón con 1'670046,00 m³, seguido por los sectores Núñez, El Ala y La Huaquilla con 420480,00 m³, 216810,00 m³ y 208761,00 m³ respectivamente.

En el distrito de Salitral se ha explotado 1'994 186 m³, siendo los sectores Fundo Merino, Malacasí, Piedra Blanca y Víctor Raúl, los más explotados con 211979,00 m³, 491511,00 m³, 440059,00 m³ y 641 792,00 m³ respectivamente.

En el distrito de La Matanza se extrajo del acuífero 3'035364,00 m³, destacando los sectores La Zapata, Loma Negra, Laynas y La Matanza con 642692 m³, 495594 m³, 467376 m³ y 419351 m³ respectivamente.

Asimismo en el distrito de Buenos Aires, se explotó 1'418778,00 m³, siendo el sector Santo Tomé el más explotado.

5.9.4 Zona IV : Chulucanas

Es la zona en todo el valle, donde se explota el mayor volumen de agua subterránea (23'044328,00 m³), destacando principalmente los sectores Batanes, Charanal, Chapica, San Martín, Yapatera y Chapica-Campana con 7'038005 m³, 5'202061,00 m³; 3'028585,00 m³, 1'998912,00 m³, 1'091884,00 m³ y 1'055806,00 m³ respectivamente.

5.9.5 Zona V : Chulucanas – Tambogrande

En esta zona, el volumen explotado asciende a 13'192841,00 m³ (13.19 MMC) encontrándose las mayores masas de agua explotadas en los sectores Paccha, Huápalas, Sol Sol, Yapatera y Ñómala con 2'875850,00 m³, 2'007141,00 m³, 1'666432,00 m³, 1'326681,00 m³ y 1'191620,00 m³ respectivamente.

En el distrito de Tambogrande, la explotación asciende a 457101,00 m³, siendo el sector Las Mónicas el más explotado con 422100,00 m³.

En el cuadro N° 5.15, se muestra las masas de agua explotadas del acuífero por zonas.

Resumiendo indicaremos que las zonas IV (Chulucanas) con 23.19 MMC, V (parte del distrito de Chulucanas – Tambogrande) con 13.19 MMC y III (Morropón, La Matanza, Buenos Aires) con 7.67 MMC, es donde se explotan los mayores volúmenes de agua.

CUADRO N° 5.15
VARIACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE EXPLOTACIÓN (m³)
POR ZONAS - VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Zona	Distrito	Volumen de Explotación (m ³)
I	San Miguel del Faique	41341,10
	San Juan de Bigote	106110,00
	Salitral	648859,30
II	Buenos Aires	3'063,987
III	La Matanza	3'035,364
	Morropón	3'215,733
	Buenos Aires	1'418,778
IV	Chulucanas	23'044,328
V	Chulucanas	12'735,740
	Tambogrande	457,101



EL RESERVORIO ACUÍFERO

- 6.1.0 Geometría del reservorio
- 6.2.0 El medio poroso
- 6.3.0 La napa freática

6.0.0 EL RESERVORIO ACUÍFERO

Tomando como referencia la geología-geomorfología del lugar y los perfiles litológicos de pozos perforados en el valle, así como también las observaciones de campo, se ha determinado que el acuífero del área investigada, está constituido principalmente por depósitos aluviales de edad cuaternaria que rellenan la zona.

6.1.0 Geometría del reservorio

6.1.1 Forma y límites

El acuífero en su conjunto presenta dos partes: la primera comprende desde los orígenes del río Piura hasta Carrasquillo y está íntegramente delimitada por afloramientos rocosos, mientras que la segunda abarca desde Carrasquillo hasta Tambogrande y se encuentra delimitada en su flanco derecho por afloramientos rocosos y depósitos coluvio-aluvionales y por otro lado, en su flanco izquierdo; por afloramientos rocosos con cobertura eólica; siendo la extensión transversal de la primera parte menor que la segunda.

Desde el poblado El Ala, la llanura se ensancha considerablemente hasta Morropón, donde es interrumpida por el cerro Piedra Blanca, que con el cerro Santo Tomé, forma una garganta por donde discurre el río Piura.

El tramo de la llanura comprendido entre el cerro Pabur y Tambogrande, ha sido formado por los depósitos del río Piura y sus tributarios (Las Damas, Charanal, Yapatera, Río Seco y Paccha) lo que se hace evidente por la presencia de innumerables cursos antiguos; observándose además, numerosas terrazas a lo largo de su recorrido.

Los sedimentos que conforman la llanura tienen su origen en las rocas que afloran en la mitad superior en sus dos flancos y en la mitad inferior, en su flanco derecho, los cuales están constituidos por materiales clásticos gruesos y finos.

6.1.2 Dimensiones

El ancho del acuífero presenta dimensiones variables, así entre los sectores La Pareja y Tórtola, fluctúa entre 1,150 m y 1,500 m; mientras que en la parte **este** entre los sectores de Piedra Azul y Montegrande varía de 1,200 y 1,700 m.

En el distrito de Salitral, el ancho del acuífero varía de 1,800 m (Serrán) a 2,200 m (Malacasí), mientras que entre los distritos de Buenos Aires y Morropón, observamos que de **sur a norte**, el acuífero se ensancha progresivamente variando de 1,300 m (Morroponcito) a 5,000 m (Morropón – La Huaquilla).

A partir de los distritos La Matanza, Chulucanas y Tambogrande, el ancho del acuífero es mayor a los descritos anteriormente y fluctúa entre 9000 m (La Bocana – Tongo) y 23000 m, en esta última parte, es donde se presenta la mayor explotación de las aguas subterráneas.

Por otro lado, basándose en la prospección geofísica en el valle Piura, se ha determinado que los espesores varían entre 7,00 – 11,00 m (zona I) y 177,00 m. (zona V) llegando incluso hasta 269,00 m.

6.2.0 El medio poroso

6.2.1 Litología

Basándose en los resultados del estudio geológico - geomorfológico y del análisis de los perfiles litológicos de algunos pozos y de las observaciones en campo de pozos que se estaban perforando se ha logrado describir la litología que conforma el acuífero.

El acuífero está constituido principalmente por sedimentos fluvio-aluviales-aluvionales del cuaternario reciente así como potencialmente por depósitos de la formación Tambogrande del terciario superior. Los depósitos cuaternarios, litológicamente están conformados por bloques, cantos, guijarros, gravas, arenas, arcillas y limos entremezclados en diferentes proporciones formando horizontes de espesores variables, que se presentan en forma alternada en sentido vertical, mientras que los depósitos terciarios están conformados principalmente por conglomerados.

6.2.2 Interpretación Hidrogeológica

Se ha elaborado dos (02) secciones hidrogeológicas esquemáticas (figuras N° 7.1 y 7.2), las mismas que se muestran las características litológicas de los materiales que conforman el acuífero, las que a su vez presentan heterogeneidades en relación a la disposición de materiales.

Hidrogeológicamente varían desde materiales gruesos permeables a materiales finos casi impermeables, esta disposición se efectuó en forma irregular; variando tanto en el espesor de los horizontes como en la proporción del contenido de los materiales.

El análisis de las secciones hidrogeológicas se describe a continuación:

SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA ESQUEMÁTICA A - A'

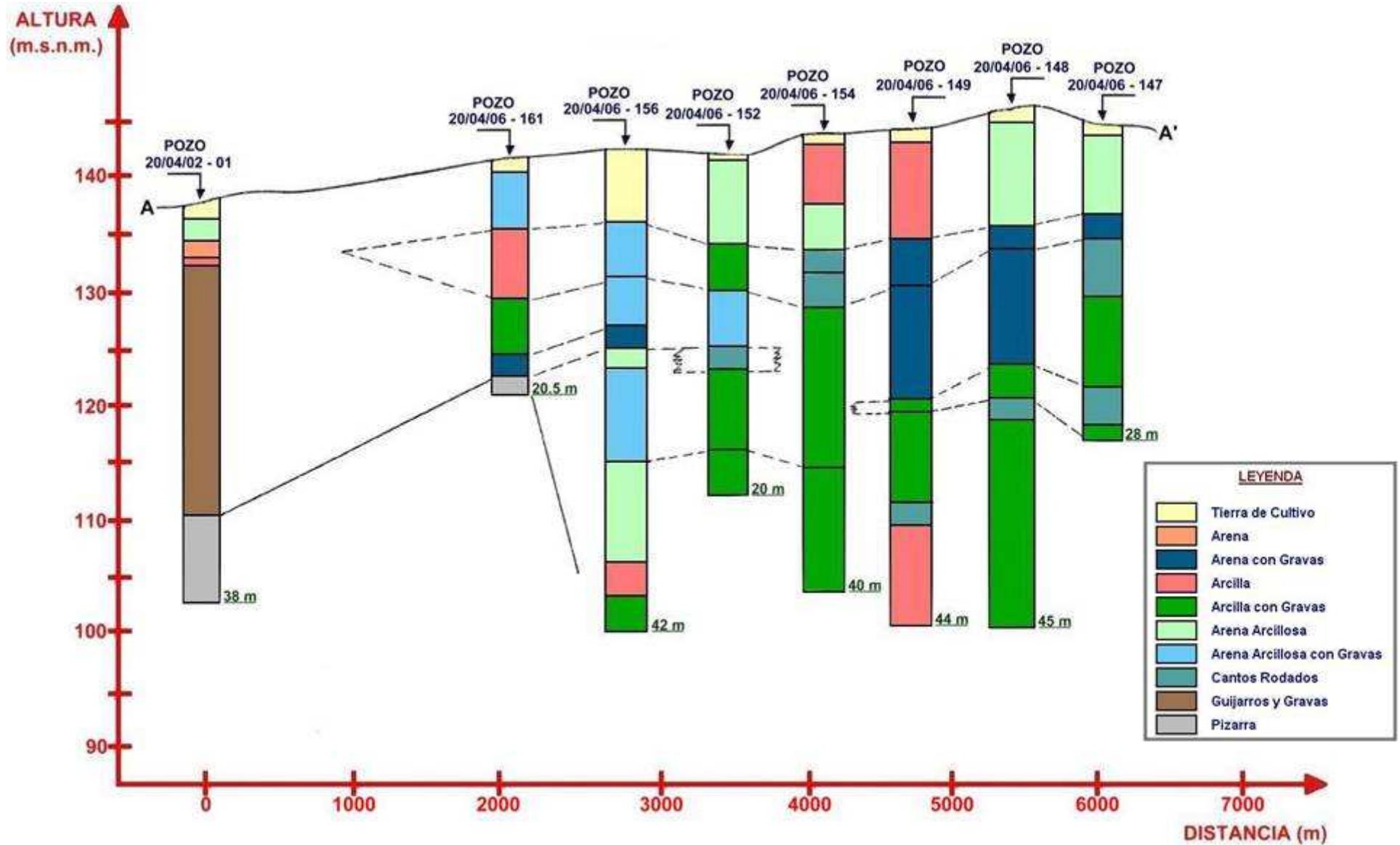
ALTO PIURA

ESCALA

Horizontal : 1 / 40000

Vertical : 1 / 500

(Figura N° 7.1)



SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA ESQUEMÁTICA B - B'

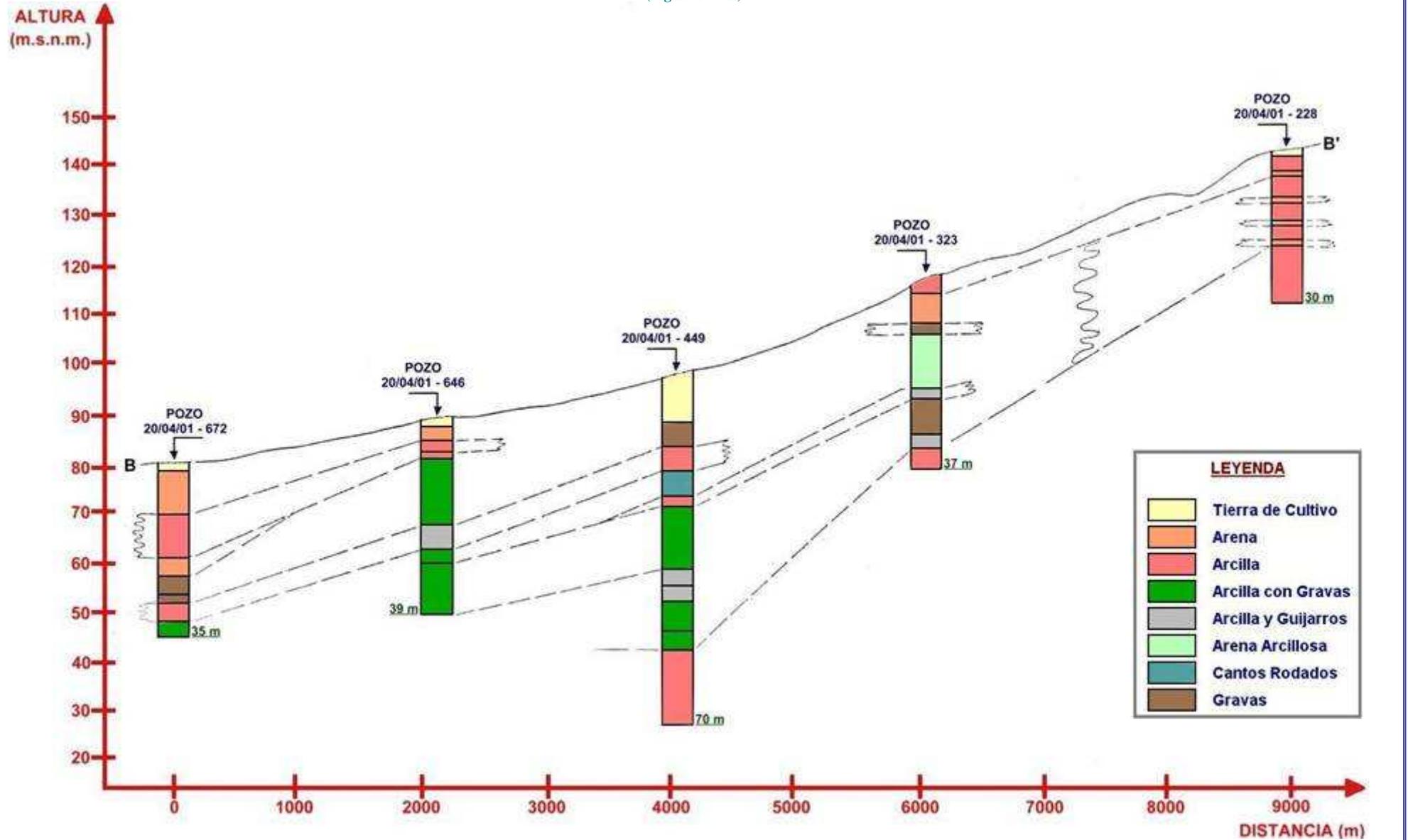
ALTO PIURA

ESCALA

Horizontal : 1 / 40000

Vertical : 1 / 1000

(Figura N° 7.2)



En la parte superior del área de estudio, el substrato rocoso impermeable se encuentra a profundidades que varían entre los 19.00 y 30.00 m; observándose que, aguas arriba del pozo N° IRHS 20/04/06-161, los aluviales son muy arcillosos; encontrándose el acuífero en la parte más alta del depósito. Aguas abajo del indicado pozo, los sedimentos se hacen más gruesos y permeables.

La secuencia del depósito aluvial es la siguiente: 0,00 a 10,00 m clásticos finos (arenas finas y arcillas), de 10,00 a 30,00 m clastos gruesos (gravas, guijarros) y en su base; de 30,00 a 34,00 m cantos en matriz arcillosa. A partir de los 34,00 m el material es arcilloso.

En la parte inferior del área de estudio, los perfiles de los pozos que existen en este sector nos muestran una pendiente del substrato impermeable hacia el oeste y, correlativamente un aumento del espesor de los aluviales. En la zona de Fátima, los pozos perforados alcanzan el substrato aproximadamente a 20,00 m de profundidad y suprayaciendo a éste, se encuentran los depósitos aluviales constituidos por intercalaciones de capas de arcilla y arena fina.

En la zona **este** de Yapatera, el substrato arcilloso se encuentra a profundidades que oscilan entre 28,00 y 33,00 m y al **oeste** de Yapatera, el substrato está aproximadamente a 55,00 m de profundidad.

En la zona de Chulucanas, el depósito aluvial tiene un espesor aproximado de 60,00 m; observándose de 0,00 a 30,00 m material arcilloso, especialmente entre los ríos Charanal y Yapatera; aunque en Santa Isabel es arenoso hasta los 31,00 m, se deduce que estos depósitos corresponden a lechos antiguos del río.

6.3.0 La napa freática

La napa freática contenida en el acuífero es principalmente libre, siendo su fuente de alimentación las aguas que se infiltran en la parte alta de la cuenca (zona húmeda), así como también las que se infiltran a través del lecho del río, de los canales de riego no revestidos y, en las áreas de cultivo bajo riego.

6.3.1 Morfología del techo de la napa freática

Con la finalidad de efectuar el estudio de la morfología de la superficie piezométrica, determinar la dinámica de la napa y, estudiar las variaciones de las reservas del acuífero, se conformó la **Red Piezométrica** en el valle (red de observación pre establecida), para lo cual se seleccionó pozos como piezómetros; que están distribuidos uniformemente en todo el área de estudio.

La red está constituida por 268 pozos, cuya ubicación se muestra en el plano de la Lámina N° 6.1, mientras que los pozos que la conforman; en el Anexo II: Reservorio Acuífero.

En la Lámina N° 6.1 se aprecia las isolíneas (Hidroisohipsas) correspondientes a la fecha del presente estudio.

Para el análisis de la morfología del techo de la napa, el valle en estudio se ha dividido en cinco (05) zonas, las mismas que a continuación se describen:

6.3.1.1 Zona I : San Juan de Bigote - Salitral – San Miguel del Faique

En el distrito de San Miguel del Faique, el sentido de flujo es de noreste a suroeste, con una gradiente hidráulica de 1,3 % y cuyas cotas de nivel de agua fluctúan de 220 a 254 m.s.n.m.

En el distrito de Salitral, entre los sectores Hornopampa y Chignia Bajo, el agua subterránea tiene una orientación de sureste a noroeste, con una gradiente hidráulica de 0,7% mientras que las cotas del agua fluctúan de 225 a 233 m.s.n.m.

Entre los sectores Salitral y Malacasí, el sentido de flujo es de sureste a noroeste, con una gradiente hidráulica de 0,28% y cuyas cotas del nivel de agua varían de 148 a 152 m.s.n.m.

Por otro lado, entre los sectores Rinconada-Tórtola y Piedra Blanca, las cotas del agua fluctúan de 148 a 160 m.s.n.m, el flujo subterráneo tiene una dirección de noreste a suroeste presentando una gradiente hidráulica de 0.7 %.

En el distrito de San Juan de Bigote, el flujo subterráneo tiene dos direcciones: la primera comprendido entre los sectores La Quemazón y La Pareja, el flujo se orienta de este a oeste, presentando una gradiente hidráulica de 0,9% y las cotas del nivel de agua fluctúan de 216 a 225 m.s.n.m, mientras que la segunda, comprendida entre los sectores Polluco y Bado de Garzas, el sentido de flujo se orienta de sureste a noroeste, con una gradiente hidráulica de 0,9% y cuyas cotas del nivel de agua fluctúan de 186 a 190 m.s.n.m.

Entre los sectores de San Juan de Bigote y La Rinconada, el flujo del agua subterránea es de **noreste a sureste**, la gradiente tiene una pendiente de 0,28% y las cotas del nivel de agua fluctúan de 164 a 168 m.s.n.m.

6.3.1.2 Zona II : Buenos Aires

Esta zona comprende todo el distrito de Buenos Aires a excepción del sector Carrasquillo. Así en el sector Morroponcito, las cotas del nivel de agua fluctúan de 123 a 125 m.s.n.m, la gradiente hidráulica es de 0,5% mientras que el flujo del agua subterránea tiene una dirección de **suroeste a noreste**.

En el sector El Muerto, el flujo tiene una dirección de **este a oeste**, las cotas del nivel de agua oscilan entre 130 y 135 m.s.n.m y la gradiente hidráulica es de 2,5%.

Entre los sectores Piña – Mamey y La Pampa, el sentido del flujo tiene una dirección de **noroeste a sureste**, el agua subterránea discurre con una gradiente hidráulica de 0,70% y las cotas del nivel del agua fluctúan de 116 a 130 m.s.n.m.

Por otro lado, entre los sectores La Pilca y Potrero Grande, la gradiente hidráulica tiene una pendiente de 0,36%, las cotas del nivel del agua fluctúan de 120 a 128 m.s.n.m mientras que su flujo subterráneo tiene una dirección de **noreste a suroeste**.

6.3.1.3 Zona III : Buenos Aires – Morropón – La Matanza

En el distrito de Morropón, entre los sectores El Alba y Polvazal, el flujo subterráneo tiene una dirección de **noreste a suroeste**, la gradiente hidráulica discurre con una pendiente de 1,0 % mientras que las cotas del agua fluctúan de 126 a 138 m.s.n.m.

En los sectores de La Matanza y Pampas II, el flujo del agua tiene una dirección de **sur a norte**, discurre con una gradiente hidráulica de 0,26% y las cotas del nivel de agua fluctúan entre 102 a 106 m.s.n.m.

En el sector Laynas, el sentido de flujo es de **sur a norte**, las cotas del nivel de agua fluctúan de 100 a 110 m.s.n.m y la gradiente es de 1.0%, mientras que en los sectores Cruz Verde y Fundo Pima, la dirección de flujo es de noroeste a sureste, la gradiente es de 1,4% y las cotas fluctúan de 96 a 110 m.s.n.m.

6.3.1.4 Zona IV : Chulucanas

En los sectores Talandracas y Chapica, el sentido del flujo es de **este a oeste**, tiene una gradiente hidráulica de 0,5 % y sus cotas fluctúan de 104 a 112 m.s.n.m.

En el sector Batanes, la gradiente hidráulica es de 0,3 %, el flujo del agua subterránea tiene una dirección de **suroeste a noreste** y las cotas del nivel de agua fluctúan de 86,00 a 100,00 m.s.n.m.

Entre el sector Cacao Bajo y la ciudad de Chulucanas y el sentido del flujo subterráneo es de **noreste a suroeste** sus cotas de agua fluctúan de 78,00 a 94,00 m.s.n.m.

6.3.1.5 Zona V : Chulucanas – Tambogrande

En el sector Carmelo Bajo, las cotas del nivel de agua fluctúan de 94,00 a 108,00 m.s.n.m., su sentido del flujo subterráneo es de **noreste a suroeste** y el agua discurre con una gradiente de 0,93 %.

En el sector Pampas de Sancor, el flujo del agua subterránea tiene una dirección de **noreste a suroeste**, las cotas del nivel de agua fluctúan de 84,00 a 92,00 m.s.n.m. y su gradiente hidráulica es de 0,62 %.

En el sector de Ñómala, la gradiente hidráulica es de 0,7%, las cotas del nivel de agua varían de 76,00 a 90,00 m.s.n.m. y el sentido del flujo subterráneo es de **noreste a suroeste**.

En el cuadro N° 6.1 se muestra el resumen de las características de la morfología de la napa en el área de estudio.

CUADRO N° 6.1
CARACTERÍSTICAS DE LA MORFOLOGÍA DE LA NAPA
FREÁTICA - VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Zona	Sector	Diciembre 2002		
		Sentido flujo	Gradiente hidráulica (%)	Rango cota (m.s.n.m)
I	San Miguel del Faique	NE - SO	1,30	220,00 – 254,00
	Hornopampa	NE – SO	0,70	225,00 – 233,00
	La Alberca	NE – SO	6,00	162,00 – 168,00
	Malacasí	NE – SO	0,50	152,00 – 157,00
	Tórtola	NE – SO	0,80	154,00 – 162,00
	Serrán	NO – SE	0,60	138,00 – 144,00
	La Quemazón	NE – SO	0,86	205,00 – 218,00
	Polluco	N – S	1,30	172,00 – 180,00
II	Morroponcito	SO – NE	0,50	123,00 – 125,00
	El Muerto	E – O	2,50	130,00 – 135,00
	El Huerto	NE – SO	0,70	116,00 – 130,00
	La Pilca	NE – SO	0,36	120,00 – 128,00
III	Polvazal	NE – SO	1,00	126,00 – 138,00
	La Matanza	S – N	0,26	102,00 – 106,00
	Laynas	S – N	1,00	100,00 – 110,00
	Cruz Verde	NO – SE	1,40	96,00 – 110,00
IV	Talandracas	E – O	0,50	104,00 – 112,00
	Batanes	SO – NE	0,30	86,00 – 100,00
	Cacao Bajo	NE – SO	0,40	78,00 – 94,00
V	Carmelo Bajo	NE – SO	0,93	94,00 – 108,00
	Sancor	NE – SO	0,62	84,00 – 92,00
	Ñomala	SO – NE	0,70	76,00 – 90,00

6.3.2 Profundidad del techo de la napa

La **profundidad del nivel estático** en el área de estudio varía mayormente de 0,30 m a 16,00 m. Aunque en los distritos de La Matanza, Chulucanas, se observa valores puntuales de 56,00, 25,00 y 64,00 m. En base a las mediciones realizadas durante la actualización de fuentes de agua subterráneas se ha elaborado el plano de Isoprofundidades de la napa, que muestra la profundidad de los niveles del agua subterránea, en las diferentes zonas que conforman el valle.

Isoprofundidad de la napa 2002

En la Lámina N° 6.2, se muestra el plano de Isoprofundidad de la napa para el año 2002, cuyo análisis se describe a continuación; para lo cual el área de estudio fue dividido en cinco zonas:

6.3.2.1 Zona I : San Juan de Bigote– Salitral – San Miguel del Faique

En esta zona, el nivel freático se encuentra entre 0,40 m y 16,00 m de profundidad, observándose los niveles más superficiales en el sector Hualtaca y los más profundos en el sector Las Huacas del distrito San Miguel del Faique.

Entre los sectores Chanro y Hualtaca, la profundidad de la napa se ubica entre 0,40 m y 6,75 m, mientras que entre los sectores Mantequilla y Las Huacas fluctúa entre 1,20 m y 16,00 m de profundidad respectivamente.

Por otro lado, entre los sectores Las Huacas y Montegrande, la napa de agua se ubica entre 2,10 m y 15,98 m de profundidad, mientras que entre los sectores Rinconada-Tórtola y Piedra Blanca, entre 0,60 m y 9,20 m, mientras que entre los sectores Fundo El Carmen y Palo Blanco, se ubica entre 0,60 m y 9,65 m de profundidad respectivamente.

Entre los sectores Serrán y Domingullo-Hualcas, la napa se ubica entre 2,10 m y 12,90 m de profundidad, mientras que entre los sectores Mamayacu y Chignia, entre 1,25 m y 8,30 m respectivamente.

Por otro lado, entre los sectores Malacasí y Polluco, la napa freática se encuentra entre 1,20 m y 5,90 m de profundidad, mientras que entre La Pareja y Polluco, se ubica entre 2,10 m y 9,00 m y, entre los sectores San Martín y Santa Rosa, fluctúa entre 1,85 m y 9,20 m de profundidad respectivamente.

6.3.2.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona, la napa fluctúa entre los 0,50 m y 7,05 m de profundidad.

Así se observa que entre los sectores Hualas y Morroponcito, la profundidad de la napa se encuentra entre 2,90 m y 5,25 m mientras que entre los sectores El Ala y Holguín, fluctúa entre 4,60 m y 6,15 m respectivamente.

Por otro lado, entre los sectores San Pedro y Las Pampas; la napa se ubica entre 0,50 m y 5,16 m de profundidad, mientras que entre los sectores El Ingenio y Maravilla, fluctúa entre 0,60 m y 6,20 m de profundidad respectivamente.

Entre los sectores Bejucal y San Luis, la napa se ubica entre 1,00 m y 5,05 m de profundidad.

6.3.2.3 Zona III : Buenos Aires – Morropón – La Matanza

En esta zona, la profundidad de la napa fluctúa entre 0,75 m y 64,00 m.

Así vemos que entre los sectores Santo Tomás Izquierdo y Carrasquillo, la profundidad de la napa se encuentra entre 2,30 m y 4,20 m, mientras que entre los sectores Bocanegra y Pampa Hacienda, fluctúa entre 2,65 m y 6,25 m de profundidad. Por otro lado, entre los sectores El Paltal y Morropón, la napa se ubica entre 1,00 m y 5,05 m de profundidad respectivamente.

También se observa que la napa freática entre los sectores Polvasal y La Huaquilla, se ubica entre 1,00 m y 3,85 m de profundidad, mientras que entre los sectores Franco y Fundo Santa Angélica, se encuentra entre 1,40 m y 5,90 m de profundidad respectivamente.

Asimismo, entre los sectores Laynas y La Matanza, la napa varía entre 1,60 m y 17,45 m de profundidad, mientras que entre los sectores Pampas I y Pampas II, fluctúa entre 0,75 m y 7,40 m de profundidad respectivamente.

Entre los sectores Loma Negra y Pabur Viejo, la napa se ubica entre 2,70 m y 6,00 m de profundidad, mientras que entre los sectores Monte Azul y Los Silva, se ubica entre 22,12 m y 64,00 m de profundidad respectivamente.

6.3.2.4 Zona IV : Chulucanas

En esta zona, la profundidad de la napa se ubica entre 0,95 m y 56,25 m.

Así, entre los sectores Vicus y Batanes, la napa está ubicada entre 1,20 m y 7,80 m de profundidad mientras que entre Talandracas y Charanal, fluctúa entre 1,20 m y 7,00 m respectivamente.

Entre los sectores Chapica-Campana y Campana, la napa se encuentra entre 1,00 m y 7,50 m de profundidad; mientras que entre Ñacara y Km. 50 varía entre 5,51 m y 56,25 m respectivamente.

En los sectores Chapica-Carmelo Alto y La Antonia-Yapatera, la napa se ubica entre 0,95 m y 2,50 m. de profundidad.

6.3.2.5 Zona V : Chulucanas – Tambogrande

En esta zona, la profundidad de la napa se encuentra entre 0,30 m y 24,00 m.

Así se observa que entre los sectores Huápalas y La Encantada, los niveles de agua fluctúan entre 4,20 m y 24,00 m; mientras que entre los sectores Lagunas I y Lagunas II, se ubica entre 1,00 m y 4,70 m de profundidad respectivamente.

Entre los sectores Sol Sol y Ñómala, la profundidad de la napa fluctúa entre 3,30 m y 10,00 m; mientras que entre Paccha y La Peña-Sancor, varía entre 2,40 m y 4,50 m de profundidad respectivamente.

Por otro lado, en los sectores San Martín y La Pala Hualtaco III, la napa freática se ubica entre 1,20 m y 3,90 m; mientras que entre Malinguitas y San Jorge, se encuentra entre 2,80 m y 5,85 m y, entre los sectores San Ramón y Aterrizaje, la napa se encuentra entre 0,30 m y 2,60 m de profundidad respectivamente.

Resumiendo indicaremos que en el área investigada, los niveles de agua mayormente se ubican entre 0,40 y 16,00 m. de profundidad, observándose valores puntuales de 56,00, 75,00 y 64,00 m en ciertos sectores del valle. Los más superficiales se ubican en las zonas II (0,50 - 7,05 m.), I (0,40 – 16,00 m.) y V (0,30 – 10,00 m.), mientras que los más profundos se ubican puntualmente en ciertos sectores como Km 50 de la zona IV (56,25 m.) y los Silvas de la zona III (64,00 m.).

En el cuadro N° 6.2, se muestra el resumen de la variación de la profundidad de la napa freática en el área de estudio.

CUADRO N° 6.2
PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREÁTICA
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Zona	Sector	Nivel Freático (m)
I	Chanro – Hualtaca	0,40 – 6,75
	Mantequillera – Las Huacas	1,20 – 16,00
	Las Huacas – Montegrande	2,10 – 16,00
	Rinconada Tórtola – Piedra Blanca	0,60 – 9,20
	Fundo El Carmen – Palo Blanco	0,60 – 9,65
	Serrán – Domingullo Hualcas	2,13 – 12,90
	Mamayacu – Chignia	1,25 – 8,30
	Malacasí – Polluco	1,20 – 5,90
	La Pareja – Polluco	2,10 – 9,00
San Martín – Santa Rosa	1,85 – 9,20	
II	Hualas – Morroponcito	2,90 – 5,25
	El Ala – Holguin	4,55 – 6,15
	San Pedro – Las Pampas	0,50 – 5,15
	El Ingenio – Maravilla	0,55 – 6,20
	Bejucal – San Luis	3,00 – 7,05
III	Santo Tomé Izquierdo – Carrasquillo	2,30 – 4,20
	Bocanegra – Pampa Hacienda	2,65 – 6,25
	El Paltal – Morropón	1,00 – 5,05
	Polvasal – La Huaquilla	1,00 – 3,85
	Franco – Santa Angélica	1,42 – 5,90
	Laynas – La Matanza	1,60 – 17,45
	Pampas I – Pampas II	0,75 – 7,40
	Loma Negra – Pabur Viejo	2,70 – 6,00
Monte Azul – Los Silvas	22,10 – 64,00	
IV	Vicus – Batanes	1,20 – 7,80
	Talandracas – Charanal	1,20 – 7,00
	Chapica Campana – Campana	1,00 – 7,50
	Ñacara – Km. 50	5,50 – 56,25
	Chapica – Carmelo Alto – La Antonia – Yapatara	0,95 – 2,50
V	Huápalas – La Encantada	4,20 – 24,00
	Lagunas I – Lagunas II	1,00 – 4,70
	Sol Sol – Nómala	3,30 – 10,00
	Paccha – La Peña Sancor	2,40 – 4,50
	San Martín – La Pala Hualtaco III	1,20 – 3,90
	Malinguitas – San Jorge	2,80 – 5,85
	San Ramón – Aterrizaje	0,30 – 2,60



HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA

- 7.1.0 Introducción
- 7.2.0 Pruebas de bombeo o de acuífero
- 7.3.0 Parámetros hidráulicos
- 7.4.0 Radios de influencia

7.0.0 HIDRÁULICA SUBTERRÁNEA

7.1.0 Introducción

En todo estudio hidrogeológico es importante ejecutar la fase de la hidráulica subterránea, debido a que con sus resultados se podrá determinar las características físicas y el funcionamiento del acuífero.

Debe indicarse que dentro de la hidráulica subterránea, uno de sus componentes es la hidrodinámica; que estudia el funcionamiento del acuífero y el movimiento del agua en un medio poroso, es decir cuantifica la capacidad de almacenar y transmitir agua.

En ese sentido, para determinar las características hidráulicas del acuífero Piura (parte alta), se ha empleado la técnica de la evaluación de las pruebas de bombeo; metodología empleada para evaluar el acuífero en condiciones casi naturales.

7.2.0 Pruebas de bombeo o de acuífero

En el área de estudio, entre los meses de agosto a noviembre del 2002, se han efectuado treinta y una (31) pruebas de bombeo, cuya distribución se muestra en el cuadro N° 7.1

CUADRO N° 7.1
DISTRIBUCIÓN DE PRUEBAS DE BOMBEO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Distritos	N° Pruebas
Chulucanas	23
Morropón	01
Buenos Aires	01
Salitral	02
La Matanza	02
San Juan de Bigote	02

7.3.0 Parámetros hidráulicos

Todo acuífero es evaluado por su capacidad de almacenamiento y la aptitud para transmitir agua, siendo por ello importante definir las características hidráulicas; que son determinadas por los siguientes parámetros hidráulicos:

- Transmisividad (T)
- Permeabilidad o conductividad hidráulica (K)
- Coeficiente de almacenamiento (s)

El acuífero del área de estudio ha sido evaluado en base a las pruebas de bombeo, cuya interpretación y análisis ha permitido definir el tipo de acuífero (libre y/o semiconfinado), además se ha elaborado el plano de Isopermeabilidades, que se muestra en la Lámina N° 7.1

Las condiciones hidráulicas del acuífero por zonas basándose en las pruebas de bombeo ejecutadas, se describen a continuación:

7.3.1 Zona I : San Miguel del Faique – Salitral – San Juan de Bigote

Zona ubicada en la parte norte del valle, en la confluencia de los ríos Bigote y Salitral y en donde se han registrado un total de 302 pozos entre tubulares, mixtos y tajos abiertos.

Se han realizado tres (03) pruebas de bombeo, cuyo resultado se muestra en el cuadro N° 7.2.

Los valores de los parámetros hidráulicos hallados son los siguientes:

Transmisividad (T) : 0,20 x 10⁻² m²/s a 14,64 x 10⁻² m²/s

Permeabilidad (K) : 0,72 x 10⁻⁴ m/s a 26,9 x 10⁻⁴ m/s

Coefficiente de almacenamiento (s): 2,06 %

El análisis de los parámetros obtenidos indican que esta zona presenta de regulares a buenas condiciones hidráulicas, a lo que se agregaría que el acuífero es libre. Las características descritas en esta zona se muestra en la Lámina N° 7.1

CUADRO N° 7.2
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO - VALLE PIURA (PARTE ALTA)
ZONA I – 2002

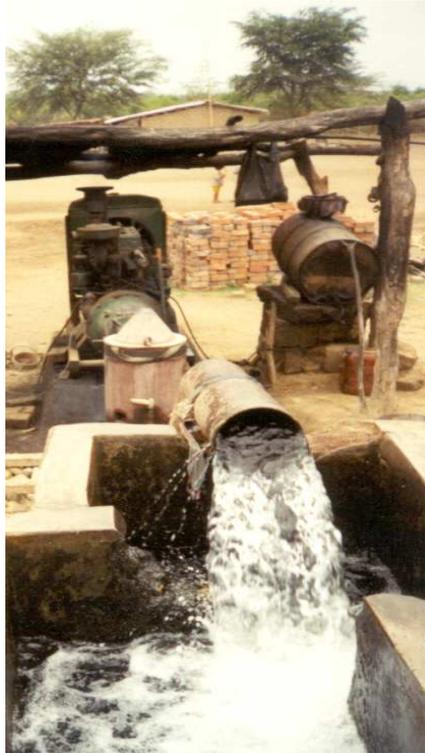
IRHS	Transmisividad (T x 10 ⁻²)		Permeabilidad (K x 10 ⁻⁴)		s (%)
	Descenso (m ² /s)	Recuperación (m ² /s)	Descenso (m/s)	Recuperación (m/s)	
20/04/06 – 107 *	0,55	0,34	1,39	0,87	
20/04/06 – 163 *	0,20	0,50	0,72	1,80	
20/04/06 – 171 (p)	4,03	3,66	13,34	12,13	2,06
20/04/07 – 54 *	14,64	10,98	359,26	269,45	

* Prueba realizada por la IRH – INRENA (2002).

(p) Piezómetro.

7.3.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona sólo se ejecutó una (01) prueba de bombeo, debido a la escasez de pozos tubulares con condiciones técnicas adecuadas. Los parámetros calculados se muestran en el cuadro N° 7.3.



FOTOGRAFÍA N° 18

Pozo tubular en plena ejecución de una prueba de bombeo. Pozo ubicado en el sector la Encantada del distrito de Chulucanas



FOTOGRAFÍA N° 19

Personal técnico en plena ejecución de la prueba de bombeo en el pozo IRHS 660, el mismo que está ubicado en el sector Sol – Sol del distrito de Chulucanas.

Los valores determinados mediante las pruebas de bombeo, son los siguientes:

Transmisividad (T): $0,55 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ a $3,05 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

Permeabilidad (K): $4,90 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ a $27,38 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

CUADRO N° 7.3
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO – VALLE PIURA (PARTE ALTA)
ZONA II – 2002

IRHS	Transmisividad ($T \times 10^{-2}$)		Permeabilidad ($K \times 10^{-4}$)		s (%)
	Descenso (m^2/s)	Recuperación (m^2/s)	Descenso (m/s)	Recuperación (m/s)	
20/04/02 – 125 *	3,05	0,55	27,38	4,90	

* Prueba realizada por la IRH – INRENA (2002).

El análisis de los parámetros hidráulicos (T, K) obtenidos de las pruebas de bombeo, permite inferir que el acuífero en esta zona presenta regulares condiciones hidráulicas y básicamente es un acuífero libre.

7.3.3 Zona III : Morropón – La Matanza – Buenos Aires

En esta zona, se han realizado cuatro (04) pruebas de bombeo cuyo resultado se muestra en el cuadro N° 7.4.

Los parámetros hallados en las pruebas de bombeo son los siguientes:

Transmisividad (T): $0,32 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ a $2,75 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

Permeabilidad (K): $1,46 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ a $9,15 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Coefficiente de almacenamiento (s): 1,31 % a 3,43 %

Basado en los parámetros hidráulicos obtenidos de la interpretación de las pruebas de bombeo, podemos deducir que el acuífero es libre y de regulares condiciones hidráulicas. Estas características se muestran en la Lámina N° 7.1

CUADRO N° 7.4
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO – VALLE PIURA (PARTE ALTA)
ZONA III - 2002

IRHS	Transmisividad (T x 10 ⁻²)		Permeabilidad (K x 10 ⁻⁴)		s (%)
	Descenso (m ² /s)	Recuperación (m ² /s)	Descenso (m/s)	Recuperación (m/s)	
20/04/04 – 26 *	2,38	1,27	10,22	5,48	
20/04/04 – 28 *	0,85	2,29	3,42	9,15	
20/04/04 – 147 *	2,75	1,72	5,89	3,68	
20/04/04 – 35 (p) *	0,52	0,32	2,36	1,46	1,31
20/04/05 – 78 *	0,51	0,63	3,45	4,25	
20/04/05 – 79 (p) *	1,83	0,66	11,26	4,05	3,43

* Prueba realizada por la IRH – INRENA – 2002

(p) Piezómetro.

7.3.4 Zona IV : Chulucanas

Zona donde se han realizado seis (06) pruebas de bombeo, cuyo resultado se muestran en el cuadro N° 7.5.

Los valores hallados en las pruebas de bombeo son los siguientes:

Transmisividad (T): 0,17 x 10⁻² m²/s a 2,21 x 10⁻² m²/s

Permeabilidad (K): 0,65 x 10⁻⁴ m/s a 9,23 x 10⁻⁴ m/s

Coefficiente de almacenamiento (s): 3,90 %

Los resultados de las pruebas de bombeo, (parámetros hidráulicos), indican que el acuífero en esta zona es libre y presenta regulares condiciones hidráulicas.

CUADRO N° 7.5
RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO - VALLE PIURA (PARTE ALTA)
ZONA IV – 2002

IRHS	Transmisividad (T x 10 ⁻²)		Permeabilidad (K x 10 ⁻⁴)		s (%)
	Descenso (m ² /s)	Recuperación (m ² /s)	Descenso (m/s)	Recuperación (m/s)	
20/04/01 – 25 *	1,79	1,99	7,83	8,70	
20/04/01 – 42 *	0,95	0,92	5,41	5,22	
20/04/01 – 178 (p) *	0,78	0,88	4,52	5,12	3,90
20/04/01 – 50 *	0,52	0,61	1,87	2,16	
20/04/01 – 181 *	0,42	1,83	2,13	9,23	
20/04/01 – 148 *	0,17	0,17	0,65	0,65	
20/04/01 – 771 *	1,93	2,21	7,55	8,65	

* Prueba realizada por la IRH – INRENA 2002

(p) Piezómetro.

7.3.5 Zona V : Chulucanas – Tambogrande

Zona donde se han realizado dieciséis (16) pruebas de bombeo, cuyo resultado se muestra en el cuadro N° 7.6.

Los valores hallados en las pruebas de bombeo son los siguientes:

Transmisividad (T): $0,25 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ a $3,33 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$

Permeabilidad (K): $0,85 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ a $16,58 \times 10^{-4} \text{ m/s}$

Coefficiente de almacenamiento (s): 1,02 % a 4,00 %

Tal como se indicó en las otras zonas, el acuífero es libre y presenta de regulares a buenas condiciones hidráulicas. Ver Lámina N° 7.1



FOTOGRAFÍA N° 20

Personal técnico realizando el aforo del pozo IRHS 286 perteneciente al sector Batanes del distrito de Chulucanas

CUADRO N° 7.6
RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO - VALLE PIURA (PARTE ALTA)
ZONA V – 2002

IRHS	Transmisividad ($T \times 10^{-2}$)		Permeabilidad ($K \times 10^{-4}$)		s (%)
	Descenso (m ² /s)	Recuperación (m ² /s)	Descenso (m/s)	Recuperación (m/s)	
20/04/01 – 521 *	0,76	0,25	2,59	0,86	
20/04/01 – 698 *	0,28	0,25	0,97	0,85	
20/04/01 – 616 *	1,61	1,15	5,03	3,60	
20/04/01 – 660 (p) *	2,18	2,52	6,84	7,91	1,02
20/04/01 – 563 *	0,43	0,59	1,80	2,47	
20/04/01 – 701 (p)	0,61	0,95	15,97	24,91	1,07
20/04/01 – 665 *	1,57	0,98	5,62	3,51	
20/04/01 – 70 *	1,75	2,62	5,88	8,81	
20/04/01 – 116 (p) *	2,54	3,28	22,79	29,43	4,00
20/04/01 – 285 *	0,66	0,34	3,15	1,61	
20/04/01 – 738 (p) *	2,10	1,95	36,17	33,70	2,10
20/04/01 – 355 *	0,79	0,52	3,83	2,50	
20/04/01 – 581 *	0,99	1,39	11,84	16,58	
20/04/01 – 195 *	0,61	0,73	1,94	2,33	
20/04/01 – 792 (p) *	3,33	2,44	53,63	39,33	1,11
20/04/01 – 721 *	0,11	0,12	0,98	1,04	
20/04/01 – 330 *	0,84	0,53	3,50	2,19	
20/04/01 – 49 *	0,88	1,21	4,89	6,66	
20/04/01 – 584 *	0,92	0,78	14,60	12,41	
20/04/01 – 566 *	1,03	1,42	1,86	2,55	
20/04/01 – 126 *	2,42	3,08	9,40	11,97	

* Prueba realizada por la IRH – INRENA 2002

(p) Piezómetro

7.5.0 Radio de influencia

Tal como se indicó en los ítems precedentes, en el área de estudio se han ejecutado una serie de pruebas de bombeo o de acuífero, lo cual ha permitido determinar los parámetros hidráulicos. En ese sentido; para el cálculo de los radios de influencia se utilizó la ecuación general de Theis – Jacob.

El área de estudio por razones didácticas, fue dividida en zonas, que a continuación se describen:

7.5.1 Zona I : San Miguel del Faique-Salitral-San Juan de Bigote

Los abatimientos de la napa en esta zona, fluctúan entre 0,07 m y 10,16 m.

El radio de influencia para bombes de 6 a 24 horas, se ha obtenido valores que fluctúan entre 90,00 m y 217,00, observándose un valor puntual de 1018 m, lugar donde necesariamente existe interferencia de pozos. Ver cuadro N° 7.7

CUADRO N° 7.7
RADIOS DE INFLUENCIA A DIFERENTES TIEMPOS DE BOMBEO
ZONA I – 2002

IRHS	Transmisividad (m ² /s) x 10 ⁻²	Coeficiente de Almacenamiento S (%)	Radios de Influencia (m)									
			6 hr	8 hr	10 hr	12 hr	14 hr	16 hr	18 hr	20 hr	22 hr	24 hr
20/04/06 – 107	0,34	2,06	90	103	116	127	137	146	155	164	171	179
20/04/06 – 163	0,50	2,06	109	125	140	154	166	177	188	198	208	217
20/04/07 – 54	10,98	2,06	509	588	657	720	777	831	882	929	975	1 018

7.5.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona los abatimientos de la napa fluctúan entre 1,56 m y 3,07 m.

Los radios de influencia en esta zona fluctúan entre 88,00 m y 177,00 de lo que se deduce que en esta zona no existe interferencia de pozos. Ver cuadro N° 7.8

CUADRO N° 7.8
RADIOS DE INFLUENCIA A DIFERENTES TIEMPOS DE BOMBEO
ZONA II – 2003

IRHS	Transmisividad (m ² /s) x 10 ⁻²	Coeficiente de Almacenamiento S (%)	Radios de Influencia (m)									
			6 hr	8 hr	10 hr	12 hr	14 hr	16 hr	18 hr	20 hr	22 hr	24 hr
20/04/02 – 156	0,55	3,43	88	102	114	125	135	144	153	161	169	177

7.5.3 Zona III : Morropón-La Matanza-Buenos Aires

Los abatimientos de la napa en esta zona descienden entre 1,76 m y 5,64 m

Para bombeos de 6 a 24 horas, los radios de influencia fluctúan entre 94,00 m – 217,00 m y 505,00 m – 583,00 m, en este último probablemente exista interferencia de pozos. Ver cuadro N° 7.9

CUADRO N° 7.9
RADIOS DE INFLUENCIA A DIFERENTES TIEMPOS DE BOMBEO
ZONA III – 2002

IRHS	Transmisividad (m ² /s) x 10 ⁻²	Coeficiente de Almacenamiento S (%)	Radios de Influencia (m)									
			6 hr	8 hr	10 hr	12 hr	14 hr	16 hr	18 hr	20 hr	22 hr	24 hr
20/04/04 – 26	1,27	1,31	217	251	280	307	332	354	376	396	416	434
20/04/04 – 28	2,29	1,31	291	337	376	412	445	476	505	532	558	583
20/04/04 – 147	1,72	1,31	253	292	326	357	386	413	438	461	484	505
20/04/05 – 78	0,63	3,43	94	109	122	134	144	154	164	172	181	189

7.5.4 Zona IV : Chulucanas

Para bombeos de 6 a 24 horas los abatimientos de la napa en esta zona fluctúan entre 0,61 m y 14,90 m respectivamente.

En esta zona, para bombeos de 6 a 24 horas, mayormente los radios de influencia fluctúan entre 46,00 m – 107,00 m y de 92,00 m – 214,00 m, llegando incluso en ciertos sectores a 590,00 m. y 1231,00 m; en estos últimos debe haber interferencia de pozos. Ver cuadro N° 7.10

CUADRO N° 7.10
RADIOS DE INFLUENCIA A DIFERENTES TIEMPOS DE BOMBEO
ZONA IV – 2002

IRHS	Transmisividad (m ² /s) x 10 ⁻²	Coeficiente de Almacenamiento S (%)	Radios de Influencia (m)									
			6 hr	8 hr	10 hr	12 hr	14 hr	16 hr	18 hr	20 hr	22 hr	24 hr
20/04/01 – 25	1,99	1,11	295	341	381	417	451	482	511	539	565	590
20/04/01 – 42	0,92	3,90	107	124	138	151	164	175	185	195	205	214
20/04/01 – 50	0,61	1,11	163	189	211	231	250	267	283	298	313	327
20/04/01 – 181	1,83	3,90	151	174	195	214	231	247	262	276	289	302
20/04/01 – 148	0,17	3,90	46	53	59	65	70	75	80	84	88	92
20/04/01 – 771	2,21	1,11	615	711	794	870	940	1005	1066	1124	1178	1231

7.5.5 Zona V : Chulucanas –Tambogrande

Para bombeos de 6 a 24 horas, los abatimientos en esta zona varían entre 1,00 m y 11,59 m.

Los radios de influencia fluctúan entre 38,00 m – 76,00 m y 88,00 m – 152,00 m. En otros sectores se encuentra entre 157,00 m. – 386,00 m.; aunque existen sectores donde llega de 468,00 m. – 520,00 m. (a las 24 horas); donde probablemente existan problemas de interferencia de pozos. Ver cuadro N° 7.11.

CUADRO N° 7.11
RADIOS DE INFLUENCIA A DIFERENTES TIEMPOS DE BOMBEO
ZONA V – 2002

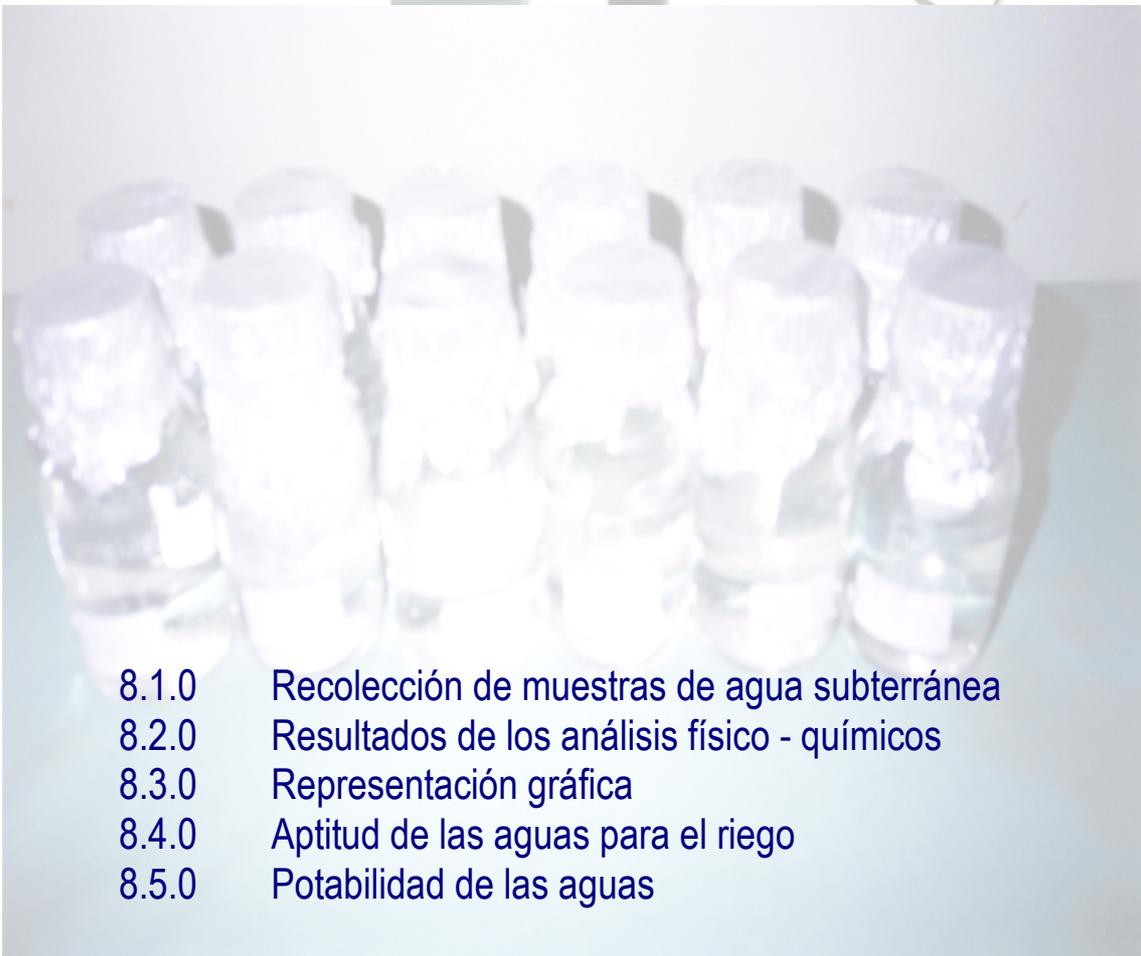
IRHS	Transmisividad (m ² /s) x 10 ⁻²	Coeficiente de Almacenamiento S (%)	Radios de Influencia (m)									
			6 hr	8 hr	10 hr	12 hr	14 hr	16 hr	18 hr	20 hr	22 hr	24 hr
20/04/01 – 521	0,25	2,10	76	88	98	108	116	124	132	139	146	152
20/04/01 – 698	0,25	1,11	105	121	135	148	160	171	181	191	200	209
20/04/01 – 616	1,15	1,02	234	270	302	331	358	382	405	427	448	468
20/04/01 – 563	0,59	1,07	164	189	211	232	250	267	284	299	313	327
20/04/01 – 665	0,98	4,00	109	126	141	154	167	178	189	199	209	218
20/04/01 – 70	2,62	4,00	178	206	230	252	273	291	309	326	342	357
20/04/01 – 285	0,34	2,10	89	102	115	125	135	145	154	162	170	177
20/04/01 – 355	0,52	1,02	157	182	203	223	240	257	273	287	301	315
20/04/01 – 581	1,39	1,02	257	297	332	364	393	420	446	470	493	515
20/04/01 – 195	0,73	1,11	179	206	231	253	273	292	310	326	342	358
20/04/01 – 721	0,12	4,00	38	44	49	54	58	62	66	70	73	76
20/04/01 – 330	0,53	1,07	155	179	200	219	237	253	269	283	297	310
20/04/01 – 49	1,21	4,00	121	140	157	171	185	198	210	221	232	242
20/04/01 – 584	0,78	1,02	193	223	249	273	294	315	334	352	369	386
20/04/01 – 566	1,42	1,02	260	300	336	368	397	425	451	475	498	520
20/04/01 – 126	3,08	4,00	193	223	250	274	295	316	335	353	370	387



FOTOGRAFÍA N° 21

Ejecución de una prueba de bombeo en el pozo ubicado en el distrito de Chulucanas. El pozo contó con piezómetro para determinar los parámetros hidráulicos.

HIDROGEOQUÍMICA



- 8.1.0 Recolección de muestras de agua subterránea
- 8.2.0 Resultados de los análisis físico - químicos
- 8.3.0 Representación gráfica
- 8.4.0 Aptitud de las aguas para el riego
- 8.5.0 Potabilidad de las aguas

8.0.0 HIDROGEOQUÍMICA

La hidrogeoquímica es una actividad que se efectúa en todo estudio hidrogeológico, cuyo resultado permitirá conocer la calidad actual del recurso hídrico almacenado en el acuífero y, la evolución que ha experimentado en relación a su concentración salina.

La calidad de las aguas subterráneas depende de varios factores como:

- Litología del acuífero y su velocidad de circulación.
- Calidad del agua de infiltración y su relación con otras aguas o acuíferos.

8.1.0 Recolección de muestras de agua subterránea

En la fase del inventario de pozos se realizó en forma simultánea, la recolección de muestras de agua en todos los pozos censados a los que se les midió “in situ” la conductividad eléctrica específica del agua, el pH, los sólidos totales disueltos (STD) y la temperatura (°C). Posteriormente se seleccionó 151 muestras, las mismas que se preservaron adecuadamente y se trasladaron al Laboratorio del Instituto de Desarrollo de Lambayeque – IDAL, en donde se efectuaron las determinaciones que permitieron evaluar la aptitud del agua en sus diferentes usos.

Posteriormente se seleccionó 338 pozos que constituyen la Red Hidrogeoquímica que permitirá monitorear la calidad de las aguas subterráneas en el área que se está investigando.

La red hidrogeoquímica conformada cubre todo el acuífero y se encuentra distribuida: 09 pozos en el distrito San Miguel del Faique, 16 en San Juan de Bigote, 47 en Salitral, 41 en La Matanza, 36 en Buenos Aires, 28 en Morropón, 151 en Chulucanas y 10 pozos en el distrito de Tambogrande.

Esta red se muestra en el plano de la Lámina N°s 8.1 y los valores de los análisis físico-químicos, en el Anexo IV: Hidrogeoquímica.

9.2.0 Resultados de los análisis físico-químicos

En el Anexo IV: Hidrogeoquímica, se muestra los cuadros con los análisis físico-químicos, de las muestras de agua que se recolectaron en todo el área de estudio.

9.2.1 Conductividad eléctrica del agua (C.E)

La conductividad eléctrica del agua por lo general está en función de su temperatura, del tipo de iones presentes y a su concentración pero, debido a que la conductividad se expresa en milimhos/cm a la temperatura standard de 25°C, sus variaciones están en función del tipo y concentración de los constituyentes disueltos. Considerando

que la conductividad se mide rápidamente, su determinación representa un método adecuado para estimar la calidad química del agua.

Como resultado del análisis físico-químico de las muestras recolectadas, la **conductividad eléctrica** en el área estudiada fluctúa de **0,28 a 3,20 mmhos/cm**, valores que corresponden a aguas de baja a alta mineralización, aunque en algunos sectores se ha encontrado valores puntuales hasta de 8,30 mmhos/cm (pozo IRHS N° 20/04/07 - 12), que indica altísima mineralización.

Con los valores de la conductividad eléctrica - CE se ha elaborado el plano de Isoconductividad Eléctrica del área de estudio que se muestra en la Lámina N° 8.1

A continuación, tomando como base los valores de la conductividad eléctrica se describe el grado de mineralización del agua almacenada en el acuífero del valle en estudio.

8.2.1.1 Zona I : San Juan de Bigote – Salitral – San Miguel del Faique

En esta zona, la conductividad eléctrica fluctúa entre **0,40 y 3,20 mmhos/cm**, valores que corresponden a aguas de baja a alta mineralización (dulce a salobre respectivamente); aunque en ciertos lugares se encuentran valores puntuales hasta de **8,30 mmhos/cm**. (muy salobres).

Así, entre los sectores Chanrro y Hualtaca, la conductividad eléctrica fluctúa entre 0,40 y 2,70 mmhos/cm, valores que corresponden a aguas de baja a alta mineralización, mientras que entre los sectores Mantequillera y Las Huacas, varía de 0,64 a 0,81 mmhos/cm respectivamente (aguas de baja mineralización).

Entre los sectores La Pareja y Andanjo, la conductividad eléctrica varía de 1,20 a 2,20 mmhos/cm; mientras que entre los sectores Polluco y San Juan de Bigote, fluctúa de 1,55 a 3,10 mmhos/cm respectivamente. Por otro lado, entre los sectores San Martín y Santa Rosa, la C.E. varía de 1,66 a 2,98 mmhos/cm (aguas de mediana a alta mineralización).

Entre los sectores Rinconada-Tórtola y Piedra Blanca, la conductividad eléctrica fluctúa entre 1,09 y 2,74 mmhos/cm (aguas medianas a alta mineralización); mientras que entre los sectores Fundo El Carmen y Cisneros, varía de 0,98 a 2,39 mmhos/cm respectivamente. (baja a mediana – alta mineralización).

Entre los sectores Serrán y Fundo Merino, la conductividad eléctrica varía de 0,62 a 2,02 mmhos/cm; mientras que entre los sectores Mamayacu y Chignia, fluctúa de 1,06 a 2,35 mmhos/cm.

Entre los sectores Malacasí y Mangamanguilla, la conductividad eléctrica varía de 0,81 a 3,20 mmhos/cm, valores que representan aguas de baja a alta mineralización.

8.2.1.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona, la conductividad eléctrica del agua fluctúa entre 0,29 y 2,60 mmhos/cm, valores que representan aguas de baja a mediana mineralización; encontrándose un valor puntual de 7,61 mmhos/cm en el pozo IRHS N° 20/04/02 – 134 (muy salobre).

Entre los sectores El Ala y Holguín, la conductividad eléctrica varía de 0,88 a 1,83 mmhos/cm; mientras que entre los sectores Maravilla y El Ingenio fluctúa de 0,29 a 2,28 mmhos/cm. Asimismo entre los sectores San Luis y Piña-Mamey, varía de 0,90 a 2,60 mmhos/cm. En todos los sectores antes nombrados, las aguas presentan de baja a mediana mineralización.

8.2.1.3 Zona III : Morropón-Buenos Aires-La Matanza

En esta zona, la conductividad eléctrica fluctúa entre 0,30 y 2,91 mmhos/cm, valores que representan aguas de baja a ligeramente alta mineralización.

En los sectores Carrasquillo y Santo Tomé, la C.E. fluctúa de 0,80 a 1,63 mmhos/cm respectivamente (dulce – medianamente salobre).

Entre los sectores Bocanegra y Pampa Hacienda, la conductividad eléctrica fluctúa entre 0,28 y 0,80 mmhos/cm, mientras que entre los sectores El Paltal y Morropón varía de 0,38 a 1,00 mmhos/cm (aguas de baja mineralización).

Entre los sectores Polvasal y La Huaquilla, la C.E. fluctúa entre 0,40 y 2,91 mmhos/cm (dulce – salobre); mientras que entre los sectores El Chorro y la Qda. Las Damas, varía de 0,30 a 0,94 mmhos/cm (baja mineralización – dulce).

Por otro lado, entre los sectores Laynas y Pabur, la C.E. fluctúa entre 0,88 y 1,47 mmhos/cm; mientras que entre los sectores La Matanza y Pampas varía de 0,70 a 2,21 mmhos/cm (baja a medianamente mineralizadas).

En los sectores Palo Verde y Pabur Viejo, la conductividad eléctrica varía de 0,76 a 2,24 mmhos/cm; mientras que entre los sectores Ternique y Los Silvas, fluctúa de 1,43 a 1,60 mmhos/cm. (aguas medianamente mineralizadas).

8.2.1.4 Zona IV : Chulucanas

En esta zona, la conductividad eléctrica fluctúa entre 0,60 a 2,10 mmhos/cm, valores que corresponden a aguas de baja a ligeramente alta mineralización.

Entre los sectores Monte Los Padres y Talandracas, la conductividad del agua varía entre 0,84 y 2,10 mmhos/cm; mientras que entre los sectores Charanal y Batanes fluctúa de 0,70 a 1,23 mmhos/cm. (aguas de baja a mediana mineralización).

Asimismo, entre los sectores Vicus y Chapica-Campana, la C.E. del agua varía de 0,93 a 1,19 mmhos/cm; mientras que entre los sectores El Tuno-Yapatera y Filtración Alto, fluctúa de 0,60 a 1,20 mmhos/cm (aguas de baja a medianamente mineralizadas).

8.2.1.5 Zona V : Chulucanas-Tambogrande

En esta zona, la conductividad eléctrica varía entre 0,38 a 2,91 mmhos/cm, valores que corresponden a aguas de baja a mediana-alta mineralización.

Entre los sectores Lagunas I y Lagunas II, la C.E. fluctúa entre 0,64 y 1,83 mmhos/cm; mientras que entre los sectores Lagunas-Yapatera y Sol Sol, varía de 0,70 a 2,10 mmhos/cm, valores en general que representan aguas de escasa (dulce) a medianamente mineralizadas (ligeramente salobre).

Asimismo entre los sectores Huápalas y Ñómala, la conductividad eléctrica fluctúa entre 0,76 y 2,91 mmhos/cm (baja a mediana-alta mineralización); mientras que entre los sectores La Peña-Sancor y Sancor, varía de 0,38 a 1,30 mmhos/cm (baja mineralización).

Entre los sectores Paccha y Pampas de Sancor, la conductividad varía de 0,70 a 2,80 mmhos/cm respectivamente; mientras que entre los sectores San Jorge y San Martín se observa valores de 0,88 a 2,36 mmhos/cm, por otro lado; en los sectores Santa Rosa y Aterrizaje, la C.E. fluctúa entre 1,20 y 2,10 mmhos/cm (mediana mineralización).

En el cuadro N° 8.1, se muestra el resumen de la variación de valores de la conductividad eléctrica obtenidos en el valle de Piura (parte alta).

Resumiendo lo anterior indicaremos que la conductividad eléctrica varía de 0,40 a 3,20 mmhos/cm.

**CUADRO N° 8.1
CONDUCTIVIDADES ELÉCTRICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Zona	Sector	Conductividad Eléctrica (mmhos / cm)
I	Chanro – Hualtaca	0.40 – 2.70
	Mantequillera – Las Huacas	0.64 – 0.81
	La Pareja – Andanjo	1.20 – 2.20
	Polluco – San Juan de Bigote	1.55 – 3.10
	San Martín – Santa Rosa	1.66 – 2.98
	Rinconada Tórtola – Piedra Blanca	1.09 – 2.74
	El Carmen – Cisneros	0.98 – 2.39
	Serrán – Fundo Merino	0.62 – 2.02
	Mamayacu – Chignia	1.06 – 2.35
	Malacasí – Mangamanguilla	0.81 – 3.20
II	El Ala – Holguín	0.88 – 1.83
	Maravilla – El Ingenio	0.29 – 2.28
	San Luis – Piña-Mamey	0.90 – 2.60
III	Carrasquillo – Santo Tomé	0.80 – 1.63
	Bocanegra – Pampa Hacienda	0.28 – 0.80
	El Paltal – Morropón	0.38 – 1.00
	Polvasal – La Huaquilla	0.40 – 2.91
	El Chorro – Quebrada Las Damas	0.30 – 0.94
	Laynas – Pabur	0.88 – 1.47
	La Matanza – Pampas	0.70 – 2.21
	Palo Verde – Pabur Viejo	0.76 – 2.24
	Ternique – Los Silvas	1.43 – 1.60
IV	Monte Los Padres – Talandracas	0.84 – 2.10
	Charanal – Batanes	0.70 – 1.23
	Vicús – Chapica-Campana	0.93 – 1.19
	El Tunó-Yapatera – Filtración Alto	0.60 – 1.20
V	Lagunas I – Lagunas II	0.64 – 1.83
	Lagunas-Yapatera – Sol Sol	0.70 – 2.10
	Huápalas – Nómala	0.76 – 2.91
	La Peña-Sancor – Sancor	0.38 – 1.30
	Paccha – Pampas de Sancor	0.70 – 2.80
	San Jorge – San Martín	0.88 – 2.36
	Santa Rosa - Aterrizaje	1.20 – 2.10

8.2.2 Dureza total y pH

- **Dureza total**

La **dureza total** de las aguas en el área de estudio fluctúa entre **89,60 ppm** (pozo IRHS N° 20/04/04-128) y **1 887,9 ppm** (pozo IRHS N° 20/04/04-141), valores que representan aguas dulces a muy duras.

Los resultados obtenidos de este parámetro se han interpretado teniendo como base los rangos de dureza que se muestran en el cuadro N° 8.2

**CUADRO N° 8.2
RANGO DE CALIDAD DE LAS AGUAS SEGÚN SU DUREZA
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Clasificación	Rango	
	D° h (grados Franceses)	Ppm de CaCO ₃
Agua muy blanda	< 3	< 30
Agua blanda	3 – 15	30 – 150
Agua dura	15 – 30	150 – 300
Agua muy dura	> 30	> 300

A continuación se describe por zonas la calidad de las aguas subterráneas almacenadas en el acuífero, basándose en la dureza obtenida en los análisis físico-químicos de las muestras.

8.2.2.1 Zona I : San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel del Faique

La dureza de las aguas subterráneas en esta zona varía de **131.80 a 1489.5 ppm** de CaCO₃, valores que representan aguas blandas a muy duras respectivamente

Así observamos que en los distritos de Salitral y San Juan de Bigote, las aguas fluctúan de duras a muy duras, mientras que en San Miguel del Faique; varían de blandas a muy duras.

8.2.2.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona, la dureza de las aguas varía de **111,90 a 1887,90 ppm** de CaCO₃, valores que representan aguas blandas (sector El Ingenio) a muy duras respectivamente.

8.2.2.3 Zona III :Buenos Aires-Morropón-La Matanza

En esta zona, la dureza de las aguas subterráneas varía de **89,60 a 1019,60 ppm** de CaCO₃, valores que representan aguas blandas a muy duras.

Las aguas blandas se encuentran en el sector Hispón (distrito La Matanza), mientras que las aguas duras en los sectores Capitán Quiñones, Polvasal y La Huaquilla (distrito de Morropón).

8.2.2.4 Zona IV : Chulucanas

La dureza de las aguas subterráneas en esta zona, varía de 114.5 a 1593.9 ppm de CaCO₃, valores que representan aguas blandas (sectores Filtración, Fátima y Batanes) a muy duras.

8.2.2.5 Zona V : Chulucanas-Tambogrande

La dureza de las aguas subterráneas en esta zona varía de 138,60 a 1639,10 ppm de CaCO₃, valores que representan aguas blandas (distrito Tambogrande) a muy duras.

Resumiendo lo anterior, indicaremos que la dureza de las aguas almacenadas en el acuífero del valle de Piura (parte alta) fluctúa entre 89.60 – 138.6 ppm y 1019.6 – 1887.9 ppm de CaCO₃, observándose en las cinco (05) zonas que conforman el acuífero, valores que representan a aguas blandas a muy duras respectivamente.

En el cuadro N° 8.3, se muestra el resumen de la variación de la dureza de las aguas subterráneas en el área de estudio.

CUADRO N° 8.3
VARIACIÓN DE LA DUREZA
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Zona	Dureza (ppm)
I	131.8 - 1489.5
II	111.9 - 1887.9
III	89.60 - 1019.60
IV	114.50 - 1593.9
V	138.6 - 1639.1

- **pH**

En el área de estudio, el pH fluctúa entre 6,20 y 8,10, valores que representan aguas que varían de ligeramente ácidas a alcalinas respectivamente.

Se ha tomado como referencia el cuadro N° 8.4 para la clasificación de las aguas, según el pH obtenido de los análisis físico-químico.

CUADRO N° 8.4
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN EL pH

pH	Clasificación
pH = 7	Neutra
pH < 7	Agua ácida
pH > 7	Agua alcalina

- Así en la **zona I**, las aguas varían de ligeramente ácidas a alcalinas, obteniéndose pH de **6,60 a 7,60**, observándose el valor más alto (pozo IRHS – 01) en el distrito de Salitral.
- Por otro lado en la **zona II**, el pH fluctúa entre **6,60 y 8,10** observándose en los sectores San Pedro y Maravilla Baja, los valores mas altos; mientras que en la **zona III**, varía de **6,60 a 8,10**, valores que representan aguas ligeramente ácidas a alcalinas respectivamente.
- En la **zona IV** fluctúa de **6,20 a 7,80** (aguas ligeramente ácidas a alcalinas); mientras que en la **zona V**, varía de **6,20 a 8,00**, observándose en el sector de Ñómala del distrito de Chulucanas los valores más altos.

Resumiendo indicaremos que en el área investigada, las aguas subterráneas según su pH, fluctúan de ligeramente ácida a alcalina.

En el cuadro N° 8.5, se muestra el resumen de los valores del pH obtenidos en el área de estudio.

CUADRO N° 8.5
CLASES DE AGUA SEGÚN EL pH
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Zona	pH	Clasificación
I	6,60 – 7,60	Ligeramente ácida a alcalina
II	6,60 – 8,10	Ligeramente ácida a alcalina
III	6,60 – 8,10	Ligeramente ácida a alcalina
IV	6,20 – 7,80	Ligeramente ácida a alcalina
V	6,20 – 8,00	Ligeramente ácida a alcalina

8.3.0 Representación gráfica

8.3.1 Diagrama de Schoeller

Para la interpretación de los análisis obtenidos en el Laboratorio se utilizó los diagramas de Schoeller, el cual una vez graficada permitirá conocer los elementos predominantes tanto de los aniones como de los cationes. Debe indicarse que este tipo de diagrama está

constituido por siete (07) escalas logarítmicas principales y equidistantes que corresponden a los principales iones. Los resultados de los análisis químicos se muestran en el Anexo IV: Hidrogeoquímica.

8.3.2 Familias hidrogeoquímicas de las aguas subterráneas

El análisis de los diagramas tipo Schoeller, ha permitido determinar las familias hidrogeoquímicas que predominan en el área de estudio, las mismas que se describen a continuación:

8.3.2.1 Zona I : San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel del Faique

Predomina la familia **Bicarbonatada cálcica** y en segundo orden la Bicarbonatada sódica.

La Bicarbonatada cálcica tiene presencia en el distrito de Salitral, en los sectores El Cerezo, Cisneros, Chignia Baja, Salitral, Serrán, el Alambre y La Alberca, mientras que la Bicarbonatada sódica la encontramos en los sectores Rinconada-Tórtola, Piedra Blanca y Mangamanga.

8.3.2.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona, la familia predominante es la **Clorurada sódica**, la cual se observa en los sectores Chihuahua, Morropón, Río Seco, San Luis y Caja Lobos; y en menor proporción, la Bicarbonatada cálcica.

También se observa la Bicarbonatada sódica en los sectores Holguín y Hualas, mientras que la Clorurada cálcica en los sectores Maravilla y Chira.

Por otro lado la familia Sulfatada sódica se ubica en el sector La Pilca. Ver Anexo IV: Hidrogeoquímica.

8.3.2.3 Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza

En esta zona predomina la familia **Clorurada sódica**, observándose en los sectores Pabur, La Matanza, Huaquilla y Polvazal, en menor proporción se presenta la Bicarbonatada cálcica.

En otros sectores del valle existen otras familias hidrogeoquímicas, tal como se observa en Pampas e Hispón donde prevalece la familia Bicarbonatada sódica, mientras que en el sector Bocanegra predomina la Clorurada cálcica. Ver Anexo IV: Hidrogeoquímica.

8.3.2.4 Zona IV : Chulucanas

Prevalece la **Bicarbonatada sódica**, principalmente en los sectores Huasimal y Vicus. En segundo orden se observa la Bicarbonatada cálcica, que destaca en los sectores Calores y Talandracas. Ver Anexo IV: Hidrogeoquímica.

8.3.2.5 Zona V : Chulucanas-Tambogrande

En esta zona predomina la familia **Clorurada sódica**, tal como se observa en los sectores Huápalas, Ñómala, Las Pampas y Paccha. En segundo orden la bicarbonatada sódica.

En los sectores Lagunas y Malingas destaca la sulfatada sódica, mientras que en los sectores Río Seco y Paccha predomina la clorurada cálcica. Ver Anexo IV: Hidrogeoquímica.

Tal como se puede observar en las diferentes zonas que conforman el valle, la familia hidrogeoquímica predominante es la Clorurada sódica (zonas II, III y V), seguida por la Bicarbonatada cálcica y la Bicarbonatada sódica en ese orden.

En el cuadro N° 8.6 se muestra el resumen de las familias hidrogeoquímicas que predominan en el valle.

CUADRO N° 8.6
FAMILIAS HIDROGEOQUÍMICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO
POR ZONAS – VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Zona	Familias Hidrogeoquímicas
I	Bicarbonatada Cálcica
II	Clorurada Sódica
III	Clorurada Sódica
IV	Bicarbonatada Sódica
V	Clorurada Sódica

8.4.0 Aptitud de las aguas para el riego

La calidad de las aguas subterráneas con fines de riego ha sido analizada según la conductividad eléctrica y, la relación de absorción de sodio – RAS con la conductividad eléctrica.

8.4.1 Clases de agua según la conductividad eléctrica

El agua de acuerdo a los valores de la conductividad eléctrica (C.E) tiene una clasificación específica, que fue determinada por Wilcox y que se aprecia en el cuadro N° 8.7

CUADRO N° 8.7
CLASIFICACIÓN DEL AGUA PARA RIEGO SEGÚN WILCOX

Calidad de Agua	Conductividad Eléctrica (mmhos/cm)
Excelente	< 0.25
Buena	0,25 - 0,75
Permisible	0,75 - 2,00
Dudosa	2,00 - 3,00
Inadecuada	> 3,00

A continuación se realiza el análisis de la calidad del agua de acuerdo a la conductividad eléctrica, según Wilcox.

8.4.1.1 Zona I : San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel del Faique

En esta zona la conductividad eléctrica fluctúa de 0,40 a 3,20 mmhos/cm; valores que representan aguas de buena calidad a inadecuada respectivamente.

En el cuadro N° 8.8 se muestra la clasificación del agua para riego por distrito político.

CUADRO N° 8.8
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA C.E – ZONA I

Distrito	Rango de C.E (mmhos/cm)	Calidad de las Aguas Subterráneas Según Wilcox
San Miguel del Faique	0,40 – 2,70	Buena a Dudosa
Salitral	1,55 – 3,10	Permisible a Inadecuada
San Juan de Bigote	0,62 – 3,20	Buena a Inadecuada

8.4.1.2 Zona II : Buenos Aires

La conductividad eléctrica del agua fluctúa entre 0,29 y 2,60 mmhos/cm, valores que según Wilcox, representan aguas de buena a dudosa calidad, tal como se muestra en el cuadro N° 8.9

CUADRO N° 8.9
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA C.E – ZONA II

Sector	Rango de C.E (mmhos/cm)	Calidad de Las Aguas Subterráneas según Wilcox
El Ala – Holguín Maravilla – El Ingenio San Luis – Piña-Mamey	0,88 – 1,83 0,29 – 2,28 0,90 – 2,60	Permisible Buena a Dudosa Permisible a Dudosa

8.4.1.3 Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza

Esta zona, la conductividad eléctrica de las aguas fluctúan entre 0,30 y 2,91 mmhos/cm valores que representan aguas de buena a dudosa calidad. Ver cuadro N° 8.10

CUADRO N° 8.10
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA C.E – ZONA III

Sector	Rango de C.E (mmhos/cm)	Calidad de Las Aguas Subterráneas Según Wilcox
Morropón Las Matanza Buenos Aires	0,28 – 2,91 0,70 – 2,24 0,80 – 1,63	Buena a Dudosa Buena a Dudosa Permisible

8.4.1.4 Zona IV : Chulucanas

En esta zona, la conductividad eléctrica del agua varía de 0,60 a 2,10 mmhos/cm, valores que según la clasificación de Wilcox representan aguas de buena a dudosa calidad. Ver cuadro N° 8.11

CUADRO N° 8.11
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA C.E – ZONA IV

Sector	Rango de C.E (mmhos/cm)	Calidad de Las Aguas Subterráneas según Wilcox
Monte Los Padres El Tuno-Yapatera – Filtración Alto	0,84 – 2,10 0,60 – 1,20	Permisible a Dudosa Buena a Permisible

8.4.1.5 Zona V : Chulucanas-Tambogrande

Zona donde la conductividad eléctrica fluctúa de 0,38 a 2,91 mmhos/cm valores que representan aguas de buena a dudosa calidad. Ver cuadro N° 8.12

**CUADRO N° 8.12
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA C.E – ZONA V**

Sector	Rango de C.E (mmhos/cm)	Calidad de Las Aguas Subterráneas según Wilcox
Huápalas – Nómala	0,76 – 2,91	Permisible a Dudosa
La Peña-Sancor – Sancor	0,38 – 1,30	Buena a Permisible
Tambogrande	0,70 – 2,80	Buena a Dudosa

Resumiendo todo lo anterior, diremos que en el valle estudiado; las aguas para riego según la conductividad eléctrica varía de buena calidad a dudosa; aunque debe indicarse que existen sectores donde las aguas son de calidad permisible.

En el cuadro N° 8.13 se muestra el resumen de la clasificación de las aguas para riego según su conductividad eléctrica (Wilcox).

**CUADRO N° 8.13
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN LA C.E.**

Zona	Distritos	Rango de C.E (mmhos/cm)	Calidad de las aguas subterráneas según Wilcox
I	San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel del Faique	0,40 – 3,20	Buena a Inadecuada
II	Buenos Aires	0,29 – 2,60	Buena a Dudosa
III	Buenos Aires-Morropón-La Matanza	0,30 – 2,91	Buena a Dudosa
IV	Chulucanas	0,60 – 2,10	Buena a Dudosa
V	Chulucanas-Tambogrande	0,38 – 2,91	Buena a Dudosa

8.4.2 Clases de agua según el RAS y la conductividad eléctrica

Las aguas subterráneas con fines de riego, también han sido clasificadas teniendo como base las Normas propuestas por el Laboratorio de Salinidad de Riverside, California EE.UU.; donde se considera la concentración total de sales, expresada en términos de la conductividad eléctrica y la Relación de Adsorción de Sodio (RAS), ésta tiene la siguiente expresión:

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

A continuación se describe las clases de agua predominantes en las diferentes zonas que conforman el valle.

8.4.2.1 Zona I : San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel del Faique

En esta zona predomina la C_3S_1 , que corresponde a aguas de alta salinidad y bajo contenido de sodio, destacando en los distritos de Salitral y San Juan de Bigote. Esta agua son utilizadas en la agricultura con restricciones.

8.4.2.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona, predomina la C_3S_1 (aguas de alta salinidad y bajo contenido de sodio), pudiéndose encontrar en los sectores El Baño, Hualas, Holguín, Río Seco, Maravilla y Piedra Herrada, todos ubicados en el distrito de Buenos Aires.

Al igual que la anterior zona, las aguas pueden utilizarse en la agricultura bajo ciertas condiciones

8.4.2.3 Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza

En esta zona predomina la C_3S_1 , (aguas de alta salinidad y bajo contenido de sodio) encontrándose mayormente en los distritos de La Matanza, Buenos Aires y Morropón. Las aguas pueden utilizarse en el riego, pero con restricciones.

8.4.2.4 Zona IV : Chulucanas

Las aguas para riego predominante es la C_3S_1 , sobre todo en los sectores Batanes, San Martín de Porres, Charanal, Cruz Pampa, Chapica-Campana y Sol Sol. En menor proporción se presentan la C_2S_1 , C_4S_2 y C_4S_1 . Tal como se indica líneas arriba, las aguas pueden utilizarse en la agricultura bajo ciertas condiciones.

8.4.2.5 Zona V : Chulucanas-Tambogrande

La clase de agua que más predomina en esta zona es la C_3S_1 , sobre todo en los sectores Huápalas, La Encantada, Yapatera, Río Seco, La Peña, Turumío, Lagunas Baja y Curvan Bajo. También se presentan las clases C_3S_2 , C_4S_4 y C_4S_1 . Todas pueden se utilizadas para riego pero con restricciones.

El cuadro N° 8.14 muestra la clasificación del agua para riego según el RAS y la conductividad eléctrica.

CUADRO N° 8.14
CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN EL RAS Y LA C.E POR ZONAS
VALLE PIURA (PARTE ALTA)

Zona	Clasificación de las Aguas
I	C ₃ S ₁
II	C ₃ S ₁
III	C ₃ S ₁
IV	C ₃ S ₁
V	C ₃ S ₁

Resumiendo todo lo anterior indicaremos que las aguas en todas las zonas del valle mayormente son de clase C₃ S₁ (alta salinidad y bajo contenido de sodio), las mismas que pueden ser utilizadas en la agricultura bajo ciertas condiciones, aunque en ciertos sectores de las zonas IV y V, se presentan aguas tipo C₂ S₁, C₄ S₁ y C₄ S₂; la primera es agua de buena calidad y las restantes pueden ser utilizables para riego pero con restricciones.

8.5.0 Potabilidad de las Aguas

La potabilidad de las aguas subterráneas del valle en estudio, se ha analizado bajo dos aspectos:

- Bacteriológico
- Límites máximos tolerables de potabilidad, establecido por la Organización Mundial de la Salud (O.M.S.). Ver cuadro N° 8.15

CUADRO N° 8.15
LÍMITES MÁXIMOS TOLERABLES

Elemento	Límite Máximo Tolerable *
pH	7 - 8,50
Dureza (ppm)	250 – 500
Ca (mg/l)	75 - 200
Mg (mg/l)	125
Na (mg/l)	120
Cl (mg/l)	250
SO ₄ (mg/l)	250

* Límites establecidos por la Organización Mundial de la Salud.

8.5.1 Bacteriológico

Según las normas bacteriológicas, se establecen aguas de calificación buena, sospechosa y deficiente calidad; donde su interpretación puede ser variable dificultando la adopción inmediata de medidas correctivas.

Se utiliza a los efectos de aplicación de las normas, a las bacterias coliformes como únicos organismos indicadores de contaminación.

Si bien se puede con los métodos modernos identificar cualquier otro patógeno, su investigación no es práctica. Los límites bacteriológicos mínimos se establecen con dos tipos de exámenes:

- Método de las porciones múltiples.
- Método de las membranas filtrantes.

El agua destinada a la bebida y uso doméstico no debe transmitir patógenos. Como el indicador bacteriano más numeroso y específico de la contaminación fecal, tanto de origen humano como animal es la *Escherichia coli*, en las muestras de 100 ml de cualquier agua de bebida no se debe detectar esa bacteria ni organismos conformes termo resistentes que provienen de aguas residuales, aguas y suelos que han sufrido contaminación fecal, efluentes industriales, materias vegetales y suelos en descomposición.

Para el abastecimiento de agua potable, utilizando aguas subterráneas protegidas de gran calidad, se lleva a cabo una serie de operaciones de tratamiento que reducen los agentes patógenos y demás contaminantes a niveles insignificantes, no perjudiciales para la salud.

Dentro de los microorganismos indicadores de contaminación del agua tenemos a la *Escherichia coli*, a las bacterias termo resistentes y otras bacterias coliformes, los estreptococos fecales y las esporas de clostridia; las cuales se describen a continuación.

- **Escherichia coli**

Pertenece a la familia enterobacteriácea, se desarrolla a 44 °C – 45 °C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas. Algunas cepas pueden desarrollarse a 37 °C pero no a 44 – 45 °C y algunos no liberan gas.

La *Escherichia coli* abunda en las heces de origen humano y animal, se halla en las aguas residuales, en los efluentes tratados y en todas las aguas y suelos naturales que han sufrido una contaminación fecal. Este microorganismo puede existir e incluso proliferar en aguas tropicales que no han sido objeto de contaminación fecal de origen humano.

- **Bacterias coliformes termoresistentes**

Comprende el género *Escherichia* y fermenta la lactosa. Estas bacterias pueden proceder también de aguas orgánicamente enriquecidas, como efluentes industriales o de materias vegetales y suelos en descomposición.

Las concentraciones de coliformes termoresistentes están en relación directa con las Escherichia coli.

- **Organismos coliformes (total de coliformes)**

Los organismos del grupo coliforme son buenos indicadores microbianos de la calidad del agua de bebida, debido a que su detección y recuento en el agua son fáciles.

Se desarrollan en presencia de sales biliares u otros agentes tensoactivos y fermenta la lactosa a 35 – 37 °C produciendo ácido, gas y aldehído en un plazo de 24 a 48 horas.

Los organismos coliformes pueden hallarse tanto en las heces como en el medio ambiente (aguas ricas en nutrientes, suelos materias vegetales en descomposición) y también en el agua de bebida con concentraciones de nutrientes relativamente elevadas.

8.5.1.1 Características biológicas del agua subterránea

La importancia de los análisis microbiológicos radica en la rápida detección de la contaminación. Estos análisis son microscópicos, tanto cualitativa como cuantitativamente.

Los resultados se pueden expresar en mg/l, así como en unidades de área o de volumen, donde la aparición de 300 unidades o más por ml, puede desarrollar malos olores y gustos.

- En la **zona I**, existen cinco (05) muestras analizadas, las mismas que presentan valores de coliformes totales y coliformes fecales que sobrepasan los límites máximos permisibles y por lo tanto son considerados como aguas no potables. En el sector Piedra Blanca del distrito de San Juan de Bigote existe una muestra que se encuentra dentro de los límites permitidos en coliformes fecales y totales, siendo consideradas como agua potable.
- En la **zona II**, se han analizado cinco (05) muestras, siendo tres (03) de ellas las que presentan valores de coliformes totales que se encuentran dentro del límite máximo permisible, y se encuentran en los sectores Morroponcito, Elena y San Rafael. En cuanto a los coliformes fecales, las tres muestras se encuentran dentro de los límites permisibles y se califican como agua potable. En los sectores Juan Velasco y Chihuahua, se encuentran valores que exceden los límites permitidos y no son considerados como potables.

- En la **zona III**, se analizó trece (13) muestras, de las cuales diez (10) presentan valores de coliformes totales que se encuentran dentro de los límites permisibles; asimismo los coliformes fecales se encuentran dentro del rango permisible y son consideradas como agua potable.

Existen tres (03) muestras que se encuentran fuera del rango permisible en cuanto a coliformes totales, las mismas que se encuentran en los sectores Morropón, La Huaquilla y Zapotal.

- En la **zona IV**, se analizó siete (07) muestras, las mismas que se encuentran dentro del rango máximo permisible y todas son consideradas como agua potable. Las muestras se encuentran en los sectores Vicús, Charanal, Pueblo Nuevo, San Pedro y Solumbre.
- En la **zona V**, se analizó diez (10) muestras de agua, de las cuales cuatro (04) se encuentran fuera de los límites máximos permisibles y se encuentran en los sectores Huasimal, Platillos, Pampas de Sancor y Sancor.

Cabe indicar que las muestras de agua para uso doméstico fueron tomadas directamente de la fuente de agua.

Resumiendo lo anterior, indicaremos que los resultados de los análisis bacteriológicos ha determinado que en ciertos sectores de las zonas I, II, III, IV y V; los coliformes totales y fecales se encuentran dentro de los límites permisibles y en consecuencia se califican como aguas potables.

Por otro lado, el resto de muestras analizadas presentan en su mayoría valores de los coliformes totales que sobrepasan los límites permisibles, por lo que se califican como aguas no potables.

En general, se recomienda el tratamiento de las aguas antes de ser consumidas, sobre todo los pozos que abastecen a pequeñas poblaciones. Ver cuadro N° 8.16

CUADRO N° 8.16
RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LAS
AGUAS SUBTERRÁNEAS, VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Distrito	Sector	IRHS N°	Coliformes totales (NMP/ml x muestra)	Coliformes fecales (NMP/ml x muestra)	Agua potable
Chulucanas	Vicús	02	<3	<3	<3
	Vicús	04	<3	<3	<3
	Vicús	06	<3	<3	<3
	Huasimal	48	750	9,00	<3
	Huápalas	73	<3	<3	<3
	Ñomala	129	<3	<3	<3
	Charanal	53	4	<3	<3
	Pueblo Nuevo	81	4	<3	<3
	San Pedro	148	93	<3	<3
	Papelillo	166	<3	<3	<3
	Palo Blanco	173	15	<3	<3
	Platillos	294	430	93	<3
	Pampas de Sancor	338	150	4	<3
	Pampas de Sancor	501	24 000	24 000	<3
	Paccha	570	240	<3	<3
	Solumbre	852	4	<3	<3
Sancor	596	2 400	150	<3	
La Matanza	La Matanza	01	43	4	<3
	Lainas	06	<3	<3	<3
San Juan de Bigote	Piedra Blanca	31	43	4	<3
Morropón	Morropón	56	750 000	70 000	<3
	Piura La Vieja	10	4	<3	<3
	La Huaquilla	31	2 100	1 500	<3
	Polvazal	42	43	<3	<3
	Bocanegra	61	23	<3	<3
	El Chorro	62	240	4	<3
	San Luis	64	150	<3	<3
	Cerezo	65	4	<3	<3
	Zapotal	66	460	<3	<3
	Santa Rosa	71	3	<3	<3
	Capitán Quiñones	76	15	<3	<3
Buenos Aires	Juan Velasco	10	1 200	7	<3
	Morroponcito	16	43	<3	<3
	Chihuahua	151	460	430	<3
	Elena	161	15	9	<3
	San Rafael	166	<3	<3	<3
Salitral	Hualcas	03	2 300	2 100	<3
	Pico seco	06	2 400	2 300	<3
	Pilca Blanca	32	210	75	<3
	Víctor Raúl	146	930	930	<3

8.5.2 Niveles de concentración de los iones cloruro, sulfato y magnesio

- **Ión cloruro (Cl⁻)**

Los cloruros presentes en las aguas son en general muy solubles, estables en disolución y difícilmente precipitables.

En el área de estudio, los valores obtenidos de los **cloruros** oscilan entre **35,50 y 2321,70 mg/l** (1.00 a 65.40 meq/l).

- Así observamos que en la **zona I**, los valores fluctúan entre 39,05 y 1242,50 mg/l (1,10 a 35,00 meq/l). Los valores más altos destacan en los sectores Víctor Raúl (Salitral), Dotor (San Juan de Bigote) y Chanro (San Miguel del Faique).
- En la **zona II**, los valores fluctúan entre 42,60 y 1562 mg/l (1,20 a 44,00 meq/l) observándose los valores más altos en los sectores La Chira, Chihuahua y Caja Lobos (Buenos Aires).
- En la **zona III**, los valores varían entre 56,80 y 2321,70 mg/l (1,60 a 65,40 meq/l). Los valores máximos destacan en los sectores El Mango (Buenos Aires) y La Bocana (Morropón).
- En la **zona IV**, el ión cloruro fluctúa entre 39,05 y 1278,00 mg/l (1,10 y 36,00 meq/l), siendo los sectores Vicus y Huasimal, donde se observan los valores más altos.
- En la **zona V**, se han obtenido valores que fluctúan entre 35,50 y 2911,00 mg/l (1,00 a 82,00 meq/l); encontrándose los valores más altos en el sector La Pampa (Chulucanas).

- **Ión sulfato (SO₄⁼)**

Estas sales son moderadamente solubles a muy solubles indicándose que las aguas con concentraciones altas de este compuesto actúan como laxantes. Entre 2 y 150 ppm se considera como aguas dulces.

Los valores de los niveles de concentración de los sulfatos en las aguas subterráneas del valle en estudio, se observan en los cuadros del Anexo IV: Hidrogeoquímica, cuyos rangos de variación se aprecian en el cuadro N° 8.1.

A continuación, se hará un breve comentario de los valores obtenidos del ión sulfato por zonas:

- En la **Zona I**, los valores fluctúan entre 14,40 y 567,36 ppm, observándose los valores más altos en los sectores Hualcas, Víctor Raúl, El Sifón, La Pareja, Dotor y Mantequillera donde sobrepasan los límites máximos tolerables.
- En la **Zona II**, el sulfato fluctúa de 0,96 a 912,00 ppm. En los sectores San Luis, La Chira y Chihuahua se han obtenido valores que sobrepasan los límites permisibles, mientras que en los sectores El Ingenio, Hualas, Bejucal, Río Seco, San Agustín, Maravilla y La Pilca presentan valores que varían

de 0,96 a 208,80 ppm, y que se encuentran dentro de lo permisible.

- En la **Zona III**, la mayor parte de su superficie presenta valores que fluctúan entre 31,20 y 504,46 ppm. Gran parte de esta zona se encuentra dentro del rango permisible, a excepción de los sectores Pabur Viejo, La Matanza, Tierras Duras, Pabur del distrito La Matanza y de los sectores El Porvenir, La Bocana y La Talanquera del distrito de Morropón.
- En la **Zona IV**, los sulfatos fluctúan entre 0,96 y 572,16 ppm. Los valores permisibles se ubican en los sectores San Pedro, Fátima, Filtración, Yapatera, Talandracas, Chapica, Vicus y Calores.
- En la **Zona V**, los sulfatos fluctúan entre 0,84 y 1008,00 ppm, observándose los valores permisibles en los sectores Huápalas, Sancor, Ñomala, Yapatera, Sol Sol y La Encantada.

Analizando las diferentes zonas que conforman el acuífero estudiado, podemos indicar que el ión sulfato contenido en las aguas mayormente no sobrepasan el límite permisible, aunque en ciertos sectores de las zonas I, II y III; el ión sulfato supera ligeramente el límite máximo tolerable; mientras que en ciertos lugares de la zona II, se observan altos valores, que pueden causar efectos laxantes al ingerirlo.

- **Ión magnesio (Mg ++)**

La elevada concentración de magnesio en el agua de consumo doméstico, no es recomendable; debido a que origina efectos laxantes y le dá un sabor amargo al agua.

Los rangos de variación del ión magnesio en las diferentes muestras de agua obtenidas del acuífero se aprecian en el cuadro N° 8.17, cuyo análisis es el siguiente:

En la mayor parte del valle Piura (parte alta) se obtuvieron valores que fluctúan entre 4,80 a 210,00 ppm, los mismos que se encuentran por encima del límite máximo tolerable establecido por la Organización Mundial de la Salud; por lo tanto existe peligro en relación a la concentración de este elemento.

**CUADRO N° 8.17
COMPARACIÓN ENTRE LOS LÍMITES MÁXIMOS TOLERABLES Y LOS
RANGOS OBTENIDOS DE LAS MUESTRAS DE AGUA ANALIZADAS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Elemento	Límite Máximo Tolerable	Nivel de Concentración General	Nivel de Concentración Dominante
pH	7,00 – 8,50	6,60 – 8,00	6,60 – 7,60
Dureza (ppm)	250,00 – 500,00	60,05 – 5 042,17	129,97 – 679,85
Ca (mg/l)	75,00 – 200,00	18,40 – 550,00	60,00 – 176,00
Mg (mg/l)	125,00	3,36 – 882,00	12,00 – 69,60
Na (mg/l)	120,00	19,09 – 1 097,10	31,05 – 297,16
Cl (mg/l)	250,00	63,90 – 1 988,00	92,30 – 397,60
SO ₄ (mg/l)	250,00	10,56 – 4 172,64	21,60 – 151,68

8.5.3 Nivel de sólidos totales disueltos (STD)

El nivel total de sólidos disueltos significa la cantidad total de sales disueltas en un litro de agua y se expresa en ppm.

A continuación se describe brevemente los resultados obtenidos en el valle, para lo cual éste fue dividido en cinco (05) zonas:

8.5.3.1 Zona I : San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel del Faique

En esta zona, los niveles de los sólidos totales disueltos (STD), fluctúan entre 224,00 y 873,00 ppm (0,22 a 0,87 gr/l), valores que se encuentran dentro del rango permisible y que corresponden a aguas de buena potabilidad; observándose valores puntuales de 1885,00, 2000,00 y 3415,00 ppm en los sectores Andanjo, Miguel Pampa (distrito de San Juan de Bigote) y Víctor Raúl (distrito de Salitral) respectivamente.

En el distrito de San Miguel del Faique, los niveles de STD mayormente fluctúan de 224,00 ppm en el sector Hualtaca (pozo IRHS 043) a 745,00 ppm del sector Mantequillera (pozo IRHS 016), valores que se encuentran dentro del rango permisible y que corresponden a aguas de buena potabilidad.

En el distrito de San Juan de Bigote, los niveles de STD, fluctúan entre 305,00 ppm en el sector San Martín y 807,00 ppm en el sector San Juan de Bigote, valores que se encuentran dentro del rango permisible y que corresponden a aguas de buena potabilidad, aunque se observan valores puntuales de 1885,00 ppm en el sector Andanjo (pozo IRHS 027) y 2000,00 ppm en el sector Miguel Pampa (pozo IRHS 015), que son aguas no potables.

En el distrito Salitral, los niveles de STD mayormente fluctúan entre 310,00 ppm en el sector Mamayácu (pozo IRHS 117) y 873,00 ppm en el sector Piedra Blanca (pozo IRHS 031), valores que se encuentran dentro del rango permisible y corresponden a aguas de buena potabilidad; aunque se observan valores puntuales de 1262,00 ppm en el sector Hualcas (pozo IRHS 136) y 3415,00 ppm en el sector Víctor Raúl (pozo IRHS 146) que sobrepasan el límite máximo tolerable.

8.5.3.2 Zona II : Buenos Aires

En esta zona, los valores de los STD, fluctúan entre 213,00 y 752,00 ppm (0,21 a 0,75 gr/l), observándose valores puntuales de 3546,00 ppm (pozo IRHS 141) y 3808,00 ppm (pozo IRHS 134) en los sectores La Chira y Chihuahua respectivamente.

Entre los sectores El Ingenio y La Pilca, los niveles de STD fluctúan entre 213,00 ppm (pozo IRHS 102) y 498,00 ppm (pozo IRHS 108), valores que se encuentran dentro del límite máximo tolerable y por consiguiente corresponden a aguas de aceptable potabilidad.

En los sectores El Muerto, Hualas y Holguín, los niveles de sólidos totales disueltos fluctúan entre 593,00 ppm y 752,00 ppm respectivamente, valores que corresponden a aguas de aceptable potabilidad, mientras que en los sectores Morroponcito, San Luis y Caja Lobos, los niveles fluctúan de 1814,00 ppm (pozo IRHS 013) a 2750,00 ppm (pozo IRHS 041), valores que sobrepasan los límites máximos tolerables de potabilidad, en consecuencia representan aguas de pésima calidad.

8.5.3.3 Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza

En esta zona, los niveles de los STD fluctúan entre 465,00 y 856,00 ppm (0,46 a 0,86 gr/l), valores que representan aguas de buena calidad, aunque se observan valores puntuales de 1836,00 ppm, 2219,00 ppm y 2980,00 ppm en los sectores Tierras Duras, La Talanquera y La Bocana respectivamente (aguas de mala calidad).

Entre los sectores Carrasquillo y Santo Tomás (distrito de Buenos Aires), los niveles de STD fluctúan entre 745,00 ppm y 750,00 ppm, valores que se encuentran dentro del rango permisible de potabilidad, en consecuencia son de buena calidad; observándose valores puntuales hasta de 1 167,00 ppm (pozo IRHS 162) en el sector El Mango.

En el distrito de Morropón, de la totalidad de muestras analizadas el 50 % presenta niveles de sólidos totales disueltos que fluctúan de 465,00 ppm en el sector La Huaquilla a 856,00 ppm en el sector Franco (0,47 a 0,86 gr/l), valores que se encuentran dentro del rango permisible y que corresponden a aguas de buena potabilidad.

En menor proporción en los sectores La Talanquera y La Bocana, los niveles de sólidos totales disueltos fluctúan entre 2219,00 ppm (pozo IRHS 092) y 2980,00 ppm (pozo IRHS 071), valores que sobrepasan los límites permisibles y corresponden a aguas de potabilidad mediocre.

En el distrito de La Matanza de la totalidad de muestras analizadas, el 50 % presenta niveles de sólidos totales disueltos que fluctúan de 578,00 ppm en el sector Laynas (pozo IRHS 010) a 790,00 ppm en el sector Santa Julia (pozo IRHS 083), valores que se encuentran dentro del rango permisible; y que corresponden a aguas de buena potabilidad, mientras que en el otro 50 % los niveles de STD fluctúan de 1262,00 ppm en el sector La Matanza a 1836,00 ppm en el sector Tierras Duras, valores que sobrepasan los límites máximos permisibles (aguas de mala calidad).

8.5.3.4 Zona IV : Chulucanas

En esta zona, los niveles de sólidos totales disueltos mayormente fluctúan entre 224,00 ppm en el sector Huasimal y 799,00 ppm en el sector Batanes, aunque en ciertos lugares de los sectores de Huasimal y Vicus se observan valores puntuales de 2331,00 ppm y 3468,00 ppm respectivamente que sobrepasan los límites máximos tolerables.

En la mayoría de los sectores que conforman esta zona, los niveles de sólidos totales disueltos fluctúan de 224,00 ppm (pozo IRHS 239) a 799,00 ppm (pozo IRHS 21), valores que se encuentran dentro del rango permisible y que corresponden a aguas de buena potabilidad.

Entre los sectores con bajos valores de sólidos totales disueltos se encuentran Chapica, San Pedro, Yapatara, Canche Grande, Pampa Quemada, Fátima y Chapica-Campana; cuyos valores fluctúan entre 224,00 ppm y 462,00 ppm, que indican su buena potabilidad.

Los niveles de sólidos totales disueltos más altos se encuentran en menor proporción y fluctúan de 1154,00 ppm a 3468,00 ppm ubicándose en los sectores Chulucanas y Vicús respectivamente; valores que sobrepasan el rango permisible de potabilidad (aguas de mala calidad)

8.5.3.5 Zona V : Chulucanas-Tambogrande

En esta zona, los niveles de STD fluctúan de 280,00 a 980,00 ppm (0,28 a 0,98 gr/l), aunque se observan valores puntuales de 3224,00 ppm, 4126,00 ppm y 19854,00 ppm en los sectores Ñomala, Paccha y Las Pampas respectivamente, valores que representan aguas de pésima calidad.

En el distrito de Chulucanas, los niveles de STD fluctúan de 280,00 ppm (pozo IRHS 647) a 980,00 ppm (pozo IRHS 417) en los sectores de Laguna y río Seco, que se encuentra dentro del rango permisible; mientras que en los sectores La Encantada y Paccha, presenta valores que fluctúan de 1012,00 ppm (pozo IRHS 125) a 4126,00 ppm (pozo IRHS 564) y que representan aguas de mala calidad.

En los sectores de Huápalas, Lagunas, Sancor, San Manuel y Ñomala encontramos valores bajos de STD, que corresponden a aguas de buena potabilidad.

En el distrito de Tambogrande, de la totalidad de muestras analizadas el menor porcentaje de los niveles de sólidos totales disueltos fluctúan entre 425,00 ppm (sector San Roque–pozo IRHS 028) y 543,00 ppm (sector Santa Rosa–pozo IRHS 008), valores que se encuentran dentro del rango permisible de potabilidad; observándose que el mayor porcentaje de muestras analizadas presenta niveles de sólidos totales disueltos que fluctúan de 1076,00 ppm a 2127,00 ppm (1,08 a 2,13 gr/l), cuyos valores sobrepasan el rango permisible y en consecuencia corresponden a aguas de potabilidad mediocre.

Resumiendo todo lo anterior indicaremos que en el área investigada, la mayoría de sectores de las zonas I, II, III, IV y V; presentan niveles de sólidos totales disueltos – STD entre 213,00 ppm y 980,00 ppm, valores que se encuentran dentro del rango permisible de potabilidad que corresponde a aguas de buena calidad, observándose en ciertos lugares (menor proporción) los STD que sobrepasan los límites máximos tolerables, a lo que se agregaría valores puntuales de 4126,00 ppm (sector Ñomala) y 19854,00 ppm (sector Paccha), ambos en la zona V.

En el cuadro N° 8.18 se muestra el resumen de los valores de los sólidos totales disueltos obtenidos en toda el área de estudio.

CUADRO N° 8.18
VARIACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS

Zona	Distritos	STD (ppm)
I	San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel	224,00 – 873,00
II	Buenos Aires	213,00 – 752,00
III	Buenos Aires-Morropón-La Matanza	465,00 – 856,00
IV	Chulucanas	224,00 – 799,00
V	Chulucanas-Tambogrande	280,00 – 980,00

8.5.4 Niveles de dureza y pH

- **Dureza**

El análisis de los resultados obtenidos, permite indicar que éstos se encuentran dentro de los rangos permisibles, aunque no se descarta la presencia de aguas duras en algunos sectores tales como La Bocana (Morropón), Las Pampas y Vicus (Chulucanas).

- **pH**

El pH en el área investigada varía de 6,20 a 8,10, aunque algunos pozos sobrepasan los límites máximos tolerables para el uso doméstico.

8.5.5 Calificación de las aguas subterráneas

La calificación de las aguas subterráneas en el área de estudio se ha realizado teniendo como base los diagramas de potabilidad de las aguas.

En general, la potabilidad de las aguas subterráneas en el área de estudio varían de buena a mala, observándose en ciertos sectores aunque puntualmente aguas de potabilidad mediocre y pasable.

A continuación se analiza la calidad del agua del área de estudio, para lo cual ha sido dividido en las zonas siguientes:

8.5.5.1 Zona I : San Juan de Bigote-Salitral-San Miguel del Faique

En el distrito de San Miguel del Faique, la potabilidad de las aguas fluctúa entre buena y mala, mientras que en Salitral, mayormente varía de mediocre a mala, aunque en ciertos sectores las aguas varían de buena a pasable. En San Juan de Bigote, las aguas mayormente son de mala potabilidad.

8.5.5.2 Zona II : Buenos Aires

En el distrito de Buenos Aires, la potabilidad de las aguas varían entre mediocre y mala y en menor porcentaje de potabilidad pasable.

8.5.5.3 Zona III : Buenos Aires-Morropón-La Matanza

En el distrito de Buenos Aires, las aguas son de potabilidad mala, mientras que en La Matanza varía de pasable a mala y en menor porcentaje, aguas de buena calidad. En el distrito de Morropón, las aguas varían de potabilidad pasable a mala.

8.5.5.4 Zona IV : Chulucanas

Las aguas predominantes en esta zona son de potabilidad pasable y existiendo escasos lugares con aguas de buena a mala.

8.5.5.5 Zona V : Chulucanas-Tambogrande

Las aguas predominantes en esta zona son de potabilidad pasable a mala, aunque se observan en menor porcentaje aguas cuya potabilidad varía de buena a mediocre.

En el cuadro N° 8.19 se aprecia el resumen de la clasificación de las aguas en el área de estudio.

CUADRO N° 8.19
CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS SEGÚN
LOS DIAGRAMAS DE POTABILIDAD

Zona	Potabilidad
I	Buena – Mala
II	Mediocre – Mala
III	Pasable – Mala
IV	Pasable
V	Pasable - Mala



FOTOGRAFÍA N° 22

Muestras de agua extraídas de las fuentes de agua para ser analizadas y determinar sus propiedades físico-químicas.

RESUMEN DE RESULTADOS



9.0.0 RESUMEN DE RESULTADOS

- El resultado del levantamiento geológico-geomorfológico ha permitido delimitar el acuífero en todo el área investigada, así como también; identificar cinco (05) unidades hidrogeológicas:
 - Afloramientos rocosos
 - Depósitos aluviales
 - Depósitos coluviales
 - Depósitos eólicos
 - Depósitos aluvionales

- Los depósitos aluviales son las unidades litológicas con grandes perspectivas para la explotación de las aguas subterráneas.

- En el área de estudio se ha inventariado 1545 pozos, de los cuales 783 (50,68 %) a tajo abierto, 485 (31,39 %) son tubulares y 277 mixtos (17,93 %) y. Asimismo, del total de pozos inventariados; 519 son utilizados (operativos), 849 utilizables y 177 no utilizables. Ver cuadros adjuntos.

DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS SEGÚN SU TIPO VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002

Distrito	Estadística	Tipo de Pozo			
		Tubular	Mixto	Tajo Abierto	Total
Tambogrande	N° de pozos	08	02	20	30
	%	0,52	0,13	1,29	1,94
Chulucanas	N° de pozos	318	60	489	867
	%	20,58	3,88	31,65	56,11
La Matanza	N° de pozos	120	06	22	148
	%	7,77	0,39	1,42	9,58
Buenos Aires	N° de pozos	77	21	76	174
	%	4,98	1,36	4,92	11,26
Morropón	N° de pozos	48	05	30	83
	%	3,11	0,32	1,94	5,37
Salitral	N° de pozos	52	11	109	172
	%	3,37	0,71	7,06	11,13
San Juan de Bigote	N° de pozos	22	01	32	55
	%	1,42	0,06	2,07	3,56
San Miguel del Faique	N° de pozos	10	01	5	16
	%	0,65	0,06	0,32	1,03
Total	Total de pozos	485	277	783	1545
	% Total	31,39	17,93	50,68	100,00

DISTRIBUCIÓN DE LOS POZOS SEGÚN SU ESTADO VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002

Distrito	Utilizado		Utilizable		No Utilizable		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%
Tambogrande	0	0,00	12	1,41	18	10,17	30	1,94
Chulucanas	355	68,40	410	48,29	102	57,63	867	56,12
La Matanza	50	9,63	93	10,95	5	2,82	148	9,58
Buenos Aires	36	6,94	123	14,49	15	8,47	174	11,26
Morropón	34	6,55	47	5,54	2	1,13	83	5,37
Salitral	28	5,39	125	14,72	19	10,73	172	11,13
San Juan de Bigote	11	2,12	29	3,42	15	8,47	55	3,56
San Miguel del Faique	05	0,96	10	1,18	01	0,56	16	1,04
Total	519	33,59	849	54,95	177	11,46	1545	100,00

- Del total de pozos utilizados (funcionando), 242 son de uso agrícola, 240 domésticos, 33 pecuarios y 04 industriales. Ver cuadro adjunto.

**DISTRIBUCIÓN DE POZOS UTILIZADOS SEGÚN SU USO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Distrito	Tipo de Pozo según su Uso				Total
	Doméstico	Industrial	Agrícola	Pecuario	
Tambogrande	0	0	0	0	0
Chulucanas	140	01	189	25	355
La Matanza	39	0	07	04	50
Buenos Aires	14	0	20	02	36
Morropón	15	0	18	01	34
Salitral	19	03	6	0	28
San Juan de Bigote	10	0	01	0	11
San Miguel del Faique	3	0	01	01	05
Total	240	4	242	33	519

- La profundidad de los pozos en el valle Piura (parte alta), es variable, dependiendo principalmente de su tipo. Así, en los tubulares la profundidad máxima fluctúa entre 17,35 m y 130,00 m, en los tajos abiertos varían entre 11,16 m y 74,59 m y, en los mixtos de 8,20 m y 46,03 m. Con respecto al diámetro de los pozos, en los tajos abiertos varía de 1,00 m a 4,30 m y en los mixtos de 1,20 m a 4,00 m.
- Del total de pozos equipados (551), 362 tienen motor y bomba y 189 son accionados con molinos de viento. De los 362 pozos equipados, 315 presentan motores tipo diesel (87,02 %), 35 gasolineros (9,67 %) y 12 eléctricos (3,31 %). En relación al total de bombas, 205 pozos están equipados con bombas tipo turbina vertical (56,63 %) (mayormente utilizadas en tubulares), 135 pozos (37,29 %) con bombas tipo centrífuga de succión y 22 pozos con bombas sumergibles (6,08 %), existiendo además; 189 pozos accionados por pistón (palanca).
- El volumen de agua subterránea explotado es de 35'699252,80 m³ (35,70 MMC), de los cuales 25'696476,65 m³ (71,98 %) aportó los tubulares, 5'765013,21 m³ (16,15 %) los tajos abiertos y 4'237763,88 m³ (11,87 %) los mixtos. Chulucanas con 20'150723,60 m³ (56,45 %) principalmente a través de los tubulares, es el distrito donde se explota el mayor volumen de agua.
- Del volumen actual explotado, el 76,94 % (27'465434,20 m³) corresponde a uso agrícola, el 22,93 % (8'185133,00 m³) al uso doméstico, el 0,11 % (38,544.40 m³) al uso pecuario y el 0,03 % (10141,20 m³) al uso industrial. Ver cuadro adjunto.

**VOLUMEN EXPLOTADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS SEGÚN SU USO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Distrito	Explotación por Uso (m ³)				Volumen (m ³)
	Doméstico	Agrícola	Pecuario	Industrial	
San Miguel del Faique	20,060.40	21,025.20	255.50	-----	41341,10
San Juan de Bigote	98550.00	7560.00	-----	-----	106110,00
Buenos Aires	398799.00	2 099566.40	306.40	-----	2 498671,80
Salitral	325193.10	315778.60	-----	7887.60	648859,30
La Matanza	577358.05	1953818.40	34675.0	-----	2 565851,45
Morropón	845084.60	1033610	87.60	-----	1878782,20
Chulucanas	5920087.85	22 034075.60	3219.90	2253.60	2 7959636,95
Tambogrande	-----	-----	-----	-----	-----
Total	8 185133.00	27 465434.20	38544.40	10141.20	35 699252.80

**VOLUMEN EXPLOTADO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POR TIPO DE POZO
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Distrito	Volumen Explotado (m ³)			
	Tajo Abierto	Mixto	Tubular	Total (m ³)
San Miguel del Faique	21631.10	0	19710.00	41341.10
San Juan de Bigote	15768.00	7560.00	82782.00	106110.00
Buenos Aires	1 034996.66	69083.20	1394592.00	2498671.80
Salitral	306789.90	0	342069.40	648859.30
La Matanza	68036	370465.40	2127350.05	2 565851.45
Morropón	256540.30	42993.18	1579249.60	1878782.00
Chulucanas	4 061251.25	3 747662.10	20 150723.60	27 959636.95
Tambogrande	0	0	0	0
Sub – Total	5 765013,21	4 237763,88	25 696476,65	35 699252.80

- El valle Piura (parte alta), fue dividido en varias zonas, siendo la IV (Chulucanas), V (parte del distrito de Chulucanas y Tambogrande) y III (Morropón, La Matanza, Buenos Aires) con un total de 43'907044,00 m³ (43,91 MMC), los sectores donde se explota los mayores volúmenes de agua.

**VOLÚMENES DE EXPLOTACIÓN (m³) MEDIANTE POZOS POR ZONAS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Zona	Distrito	Volumen de Explotación (m ³ /año)
I	San Miguel del Faique	41341,10
	San Juan de Bigote	106110,00
	Salitral	648859,30
II	Buenos Aires	3'063,987
III	La Matanza	3'035,364
	Morropón	3'215,733
	Buenos Aires	1'418,778
IV	Chulucanas	23'044,328
V	Chulucanas	12'735,740
	Tambogrande	457,101

- El acuífero en su conjunto presenta dos partes: la primera comprende desde los orígenes del río Piura hasta Carrasquillo y está íntegramente delimitada por afloramientos rocosos, mientras que la segunda abarca desde Carrasquillo hasta Tambogrande y se encuentra delimitada en su flanco derecho por afloramientos

rocosos y depósitos coluvio–aluvionales y por otro lado, en su flanco izquierdo; por afloramientos rocosos con cobertura eólica; siendo la extensión transversal de la primera parte menor que la segunda.

- El acuífero está constituido principalmente por sedimentos fluvio-aluviales-aluvionales del cuaternario reciente así como potencialmente, por depósitos de la formación Tambogrande del terciario superior. Los depósitos cuaternarios, litológicamente están conformados por bloques, cantos, guijarros, gravas, arenas, arcillas y limos entremezclados en diferentes proporciones formando horizontes de espesores variables, que se presentan en forma alternada en sentido vertical, mientras que los depósitos terciarios están conformados principalmente por conglomerados.
- La **red de control piezométrico** (red de observación pre establecida) en todo el valle, está conformada por **268 pozos**, la misma que servirá para determinar la dinámica de la napa y estudiar las variaciones de las reservas del acuífero.
- En el valle, el sentido de flujo subterráneo tiene varias orientaciones, siendo las principales: de noreste a suroeste y de sureste a noroeste, en forma secundaria existen orientaciones de sur a norte y de este a oeste (zona I, II y III). Ver cuadro adjunto.

**RANGOS DE LA MORFOLOGÍA DE LA NAPA POR ZONAS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Zona	Sector	Diciembre 2002		
		Sentido Flujo	Gradiente Hidráulica (%)	Rango Cota (m.s.n.m)
I	San Miguel del Faique	NE - SO	1,30	220,00 – 254,00
	Hornopampa	NE – SO	0,70	225,00 – 233,00
	La Alberca	NE – SO	6,00	162,00 – 168,00
	Malacasí	NE – SO	0,50	152,00 – 157,00
	Tórtola	NE – SO	0,80	154,00 – 162,00
	Serrán	NO – SE	0,60	138,00 – 144,00
	La Quemazón	NE – SO	0,86	205,00 – 218,00
	Polluco	N – S	1,30	172,00 – 180,00
II	Morroponcito	SO – NE	0,50	123,00 – 125,00
	El Muerto	E – O	2,50	130,00 – 135,00
	El Huerto	NE – SO	0,70	116,00 – 130,00
	La Pilca	NE – SO	0,36	120,00 – 128,00
III	Polvazal	NE – SO	1,00	126,00 – 138,00
	La Matanza	S – N	0,26	102,00 – 106,00
	Laynas	S – N	1,00	100,00 – 110,00
IV	Cruz Verde	NO – SE	1,40	96,00 – 110,00
	Talandracas	E – O	0,50	104,00 – 112,00
	Batanes	SO – NE	0,30	86,00 – 100,00
V	Cacao Bajo	NE – SO	0,40	78,00 – 94,00
	Carmelo Bajo	NE – SO	0,93	94,00 – 108,00
	Sancor	NE – SO	0,62	84,00 – 92,00
	Ñómala	SO – NE	0,70	76,00 – 90,00

- En el área de estudio se han ejecutado **treinta y un (31) pruebas de bombeo**, cuyo resultado (parámetros hidráulicos) ha determinado que el acuífero es libre y presenta de regulares a buenas condiciones hidráulicas. Ver cuadro adjunto.

**PARÁMETROS HIDRÁULICOS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Zona	Parámetros Hidráulicos	Variación de los valores
I	T ($\times 10^{-2}$ m ² /s)	0,20 a 14,64
	K (10^{-4} m/s) s (%)	0,72 a 359,26 2,06
II	T ($\times 10^{-2}$ m ² /s)	0,55 a 3,05
	K (10^{-4} m/s)	4,90 a 27,38
III	T (10^{-2} m ² /s)	0,32 a 2,75
	K (10^{-4} m/s)	1,46 a 11,26
	s (%)	1,31 a 3,43
IV	T (10^{-2} m ² /s)	0,17 a 2,21
	K (10^{-4} m/s)	0,65 a 9,23
	s (%)	3,90
V	T (10^{-2} m ² /s)	0,25 a 3,33
	K (10^{-4} m/s)	0,85 a 53,63
	s (%)	1,02 a 4,00

- En el área de estudio los niveles de agua se ubican entre 0,40 y 16,00 m. de profundidad, observándose niveles puntuales de 56,00, 75,00 y 64,00 m en ciertos sectores del valle. Los más superficiales se ubican en las zonas II (0,50 - 7,05 m.), I (0,40 - 16,00 m.) y V (0,30 - 10,00 m.), mientras que los más profundos se ubican puntualmente en ciertos sectores como el Km 50 de la zona IV (56,25 m.) y los Silvas de la zona III (64,00 m.). Ver cuadro adjunto

**PROFUNDIDAD DE LA NAPA FREÁTICA
VALLE PIURA (PARTE ALTA)- 2002**

Zona	Sector	Nivel Freático (m)
I	Chanro – Hualtaca	0,40 – 6,75
	Mantequillera – Las Huacas	1,20 – 16,00
	Las Huacas – Montegrande	2,10 – 16,00
	Rinconada Tórtola – Piedra Blanca	0,60 – 9,20
	Fundo El Carmen – Palo Blanco	0,60 – 9,65
	Serrán – Dominguillo Hualcas	2,13 – 12,90
	Mamayacu – Chignia	1,25 – 8,30
	Malacasí – Polluco	1,20 – 5,90
	La Pareja – Polluco	2,10 – 9,00
San Martín – Santa Rosa	1,85 – 9,20	
II	Hualas – Morroponcito	2,90 – 5,25
	El Ala – Holguin	4,55 – 6,15
	San Pedro – Las Pampas	0,50 – 5,15
	El Ingenio – Maravilla	0,55 – 6,20
	Bejucal – San Luis	3,00 – 7,05
III	Santo Tomé Izquierdo – Carrasquillo	2,30 – 4,20
	Bocanegra – Pampa Hacienda	2,65 – 6,25
	El Paltal – Morropón	1,00 – 5,05
	Polvasal – La Huaquilla	1,00 – 3,85
	Franco – Santa Angélica	1,42 – 5,90
	Laynas – La Matanza	1,60 – 17,45
	Pampas I – Pampas II	0,75 – 7,40
	Loma Negra – Pabur Viejo	2,70 – 6,00
Monte Azul – Los Silvas	22,10 – 64,00	
IV	Vicus – Batanes	1,20 – 7,80
	Talandracas – Charanal	1,20 – 7,00
	Chapica Campana – Campana	1,00 – 7,50
	Ñácara – Km. 50	5,50 – 56,25
	Chapica – Carmelo Alto – La Antonia – Yapatara	0,95 – 2,50
V	Huápalas – La Encantada	4,20 – 24,00
	Lagunas I – Lagunas II	1,00 – 4,70
	Sol Sol – Nómala	3,30 – 10,00
	Paccha – La Peña Sancor	2,40 – 4,50
	San Martín – La Pala Hualtaco III	1,20 – 3,90
	Malinguitas – San Jorge	2,80 – 5,85
San Ramón – Aterrizaje	0,30 – 2,60	

- Los radios de influencia para bombeos de 8 a 24 horas, varía entre 38,00 a 46,00 m y 327,00 m a 386,00 m; aunque en algunos sectores existen valores puntuales de 1018,00 y 1231,00 m, lugares donde los problemas de interferencia de pozos es marcado. Ver cuadro adjunto.

**RADIOS DE INFLUENCIA
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Zona	Radio de Influencia(m)
I	90,00 m – 109,00 m a 179,00 m – 219,00 m. (1018,00 m.)
II	88,00 m. – 177,00 m
III	94,00 m a 505 m – 583,00 m
IV	46,00 m a 92,00 m – 214,00 m (590,00 m. – 1231,00 m.)
V	38,00 m – 76,00 m a 327,00 m - 386,00 m (468,00 m – 520,00 m.)

- La **red hidrogeoquímica** que permite realizar el seguimiento de la calidad del agua subterránea en el valle, está conformada por 338 pozos, distribuido de la siguiente manera: 09 pozos en el distrito San Miguel del Faique, 16 en San Juan de Bigote, 47 en Salitral, 41 en La Matanza, 36 en Buenos Aires, 28 en Morropón, 151 en Chulucanas y 10 pozos en Tambogrande.
- La **conductividad eléctrica** en el área de estudio fluctúa de 0,28 – 0,29 mmhos/cm a 2,98 – 3,20 mmhos/cm, valores que representan aguas de baja a alta mineralización, encontrándose valores puntuales hasta de 8,30 mmhos/cm (aguas muy salobres). Ver cuadro adjunto.

**CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA POR ZONAS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Zona	Sector	Conductividad Eléctrica (mmhos / cm)
I	Chanro – Hualtaca	0.40 – 2.70
	Mantequillera – Las Huacas	0.64 – 0.81
	La Pareja – Andanjo	1.20 – 2.20
	Polluco – San Juan de Bigote	1.55 – 3.10
	San Martín – Santa Rosa	1.66 – 2.98
	Rinconada Tórtola – Piedra Blanca	1.09 – 2.74
	El Carmen – Cisneros	0.98 – 2.39
	Serrán – Fundo Merino	0.62 – 2.02
	Mamayacu – Chignia	1.06 – 2.35
II	Malacasí – Mangamanguilla	0.81 – 3.20
	El Ala – Holguín	0.88 – 1.83
	Maravilla – El Ingenio	0.29 – 2.28
III	San Luis – Piña-Mamey	0.90 – 2.60
	Carrasquillo – Santo Tomé	0.80 – 1.63
	Bocanegra – Pampa Hacienda	0.28 – 0.80
	El Paltal – Morropón	0.38 – 1.00
	Polvasal – La Huaquilla	0.40 – 2.91
	El Chorro – Quebrada Las Damas	0.30 – 0.94
	Laynas – Pabur	0.88 – 1.47
	La Matanza – Pampas	0.70 – 2.21
	Palo Verde – Pabur Viejo	0.76 – 2.24
IV	Termique – Los Silvas	1.43 – 1.60
	Monte Los Padres – Talandracas	0.84 – 2.10
	Charanal – Batanes	0.70 – 1.23
	Vicus – Chapica-Campana	0.93 – 1.19
V	El Tuno-Yapatera – Filtración Alto	0.60 – 1.20
	Lagunas I – Lagunas II	0.64 – 1.83
	Lagunas-Yapatera – Sol Sol	0.70 – 2.10
	Huápalas – Nómala	0.76 – 2.91
	La Peña-Sancor – Sancor	0.38 – 1.30
	Paccha – Pampas de Sancor	0.70 – 2.80
	San Jorge – San Martín	0.88 – 2.36
Santa Rosa - Aterrizaje	1.20 – 2.10	

- La dureza de las aguas en el valle varía de 89,60 – 111,90 ppm a 1639,10 - 1887,90 ppm CaCO₃, valores que representan aguas blandas a muy duras respectivamente. Ver cuadro adjunto.

**VARIACIÓN DE LA DUREZA
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Zona	Dureza (ppm)
I	131.80 - 1489.50
II	111.90 - 1887.90
III	89.60 - 1019.60
IV	114.50 - 1593.90
V	138.60 - 1639.10

- En el área investigada, el pH fluctúa entre 6,20 y 8,10, valores que representan aguas que varían de ligeramente ácidas a alcalinas respectivamente. Ver cuadro adjunto

**CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS SEGÚN EL pH
VALLE PIURA (PARTE ALTA) - 2002**

Zona	pH	Clasificación
I	6,60 – 7,60	Ligeramente ácida a alcalina
II	6,60 – 8,10	Ligeramente ácida a alcalina
III	6,60 – 8,10	Ligeramente ácida a alcalina
IV	6,20 – 7,80	Ligeramente ácida a alcalina
V	6,20 – 8,00	Ligeramente ácida a alcalina

- En el área de estudio se presentan diferentes familias hidrogeoquímicas, predominando la clorurada sódica (zonas II, III y V), seguida por la bicarbonatada cálcica y la bicarbonatada sódica. Ver cuadro adjunto.

**FAMILIAS HIDROGEOQUÍMICAS POR ZONAS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Zona	Familias Hidrogeoquímicas
I	Bicarbonatada Cálcica
II	Clorurada Sódica
III	Clorurada Sódica
IV	Bicarbonatada Sódica
V	Clorurada Sódica

- Las aguas para riego según la conductividad eléctrica, mayormente varían de buena calidad a dudosa; aunque debe indicarse que existen sectores donde las aguas son de calidad permisible. Ver cuadro adjunto.

**CLASIFICACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA PARA RIEGO SEGÚN
LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Zona	Distritos	Rango de C.E (mmhos/cm)	Calidad de las aguas subterráneas según Wilcox
I	San Juan de Bigote-Salitral- San Miguel del Faique	0,40 – 3,20	Buena a Inadecuada
II	Buenos Aires	0,29 – 2,60	Buena a Dudosa
III	Buenos Aires-Morropón-La Matanza	0,30 – 2,91	Buena a Dudosa
IV	Chulucanas	0,60 – 2,10	Buena a Dudosa
V	Chulucanas-Tambogrande	0,38 – 2,91	Buena a Dudosa

- Según el RAS y la conductividad eléctrica, las aguas para riego en la mayoría de las zonas que conforman el acuífero son de clase C₃ S₁ (alta salinidad y bajo contenido de sodio), las mismas que pueden ser utilizadas para riego bajo ciertas condiciones, aunque en algunos sectores de las zonas IV y V, se presentan aguas tipo C₂ S₁, C₄ S₁ y C₄ S₂; la primera es agua de buena calidad y las restantes pueden ser utilizadas para riego pero con ciertas restricciones. Ver cuadro adjunto.

**CLASIFICACIÓN DEL AGUA SEGÚN EL RAS Y LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Zona	Clasificación de las Aguas
I	C ₃ S ₁
II	C ₃ S ₁
III	C ₃ S ₁
IV	C ₃ S ₁
V	C ₃ S ₁

- Con respecto al ión cloruro, mayormente fluctúan entre 35.50 y 2321.70 mg/l (1.00 a 65.40 meq/l), valores que se encuentran dentro de los límites máximos tolerables, aunque en ciertos sectores, se han encontrado valores puntuales altos, que están fuera del límite tolerable.
- En relación a los **sólidos totales disueltos**, la mayoría de sectores de las zonas I, II, III, IV y V; los niveles de sólidos totales disueltos – STD fluctúan de 213,00 ppm a 980,00 ppm, valores que se encuentran dentro del rango permisible de potabilidad y corresponden a aguas de buena calidad, aunque se observan en ciertos lugares (menor proporción) valores puntuales de 4126,00 ppm (sector Ñómala) y 19854,00 ppm (sector Paccha), ambos en la zona V. Ver cuadro adjunto.

**VARIACIÓN DE LOS SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS
VALLE PIURA (PARTE ALTA) – 2002**

Zona	Distritos	STD (ppm)
I	San Juan de Bigote-Salitril-San Miguel	224,00 – 873,00
II	Buenos Aires	213,00 – 752,00
III	Buenos Aires-Morropón-La Matanza	465,00 – 856,00
IV	Chulucanas	224,00 – 799,00
V	Chulucanas-Tambogrande	280,00 – 980,00

- La potabilidad de las aguas subterráneas según los diagramas de potabilidad, varían de pasable a mala (zonas III y V), aunque en algunos sectores de las zonas I, existen aguas de buena calidad; mientras que en la zona II, las aguas varían de mediocre a mala. En la zona IV, la potabilidad de las aguas es pasable. Ver cuadro adjunto

**CLASIFICACIÓN SEGÚN LOS DIAGRAMA DE POTABILIDAD
VALLE PIURA PARTE ALTA – 2002**

Zona	Potabilidad
I	Buena – Mala
II	Mediocre – Mala
III	Pasable – Mala
IV	Pasable
V	Pasable - Mala

- Los análisis microbiológicos indican que en ciertos sectores de las zonas I, II, III, IV y V; los coliformes totales y fecales se encuentran dentro de los límites permisibles, es decir se califican como aguas potables, mientras que en el resto de muestras la mayoría valores de los coliformes totales sobrepasan los límites permisibles (aguas no potables).



**CONCLUSIONES
Y
RECOMENDACIONES**

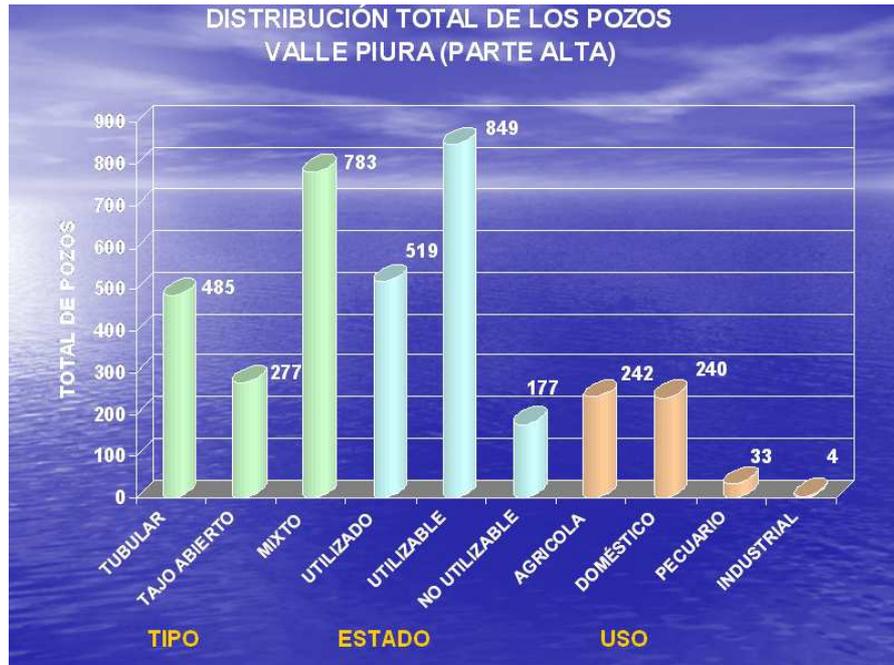
10.1.0 Conclusiones

10.2.0 Recomendaciones

10.0.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1.0 Conclusiones

- Se actualizó el inventario de pozos, registrándose un total de 1545, mayormente mixtos (783) y en segundo término tubulares (485). Del total de pozos, 519 se encuentran operativos, utilizados principalmente en la agricultura (242) y para uso doméstico (240). Ver gráfico adjunto.



- El volumen total de agua explotado del acuífero es de 35.70 MMC, de los cuales 25.69 MMC corresponde a los tubulares; habiéndose utilizado mayormente en la agricultura (27.46 MMC). Ver gráfico adjunto.



- El acuífero es libre, de origen aluvial y de edad cuaternaria, presentando su flujo subterráneo una orientación principal de noreste a suroeste y en menor proporción, de suroeste a noreste. Su gradiente hidráulica es de 0,26 % a 2,50 %, llegando incluso a 6,00 %.
- Se ha conformado las redes de control tanto piezométrica (268 pozos), como hidrogeoquímica (338 pozos), ambos permitirán realizar el seguimiento cuantitativo y cualitativo del acuífero.
- Las aguas para riego según el RAS y la conductividad eléctrica en la mayoría de las zonas que conforman el acuífero son clase C₃ S₁ (alta salinidad y bajo contenido de sodio), las mismas que pueden ser utilizadas en la agricultura bajo ciertas condiciones, aunque en ciertos sectores de las zonas IV y V, se presentan aguas tipo C₂ S₁, C₄ S₁ y C₄ S₂; la primera es agua de buena calidad y las restantes pueden ser utilizadas para riego pero con ciertas restricciones.
- La potabilidad de las aguas subterráneas según los diagramas de potabilidad, varían de pasable a mala (zonas III y V), aunque en algunos sectores de las zonas I, existen aguas de buena calidad; mientras que en la zona II, las aguas son de mediocre a mala. En la zona IV, la potabilidad de las aguas es pasable.

10.2.0 Recomendaciones

- Con los resultados del inventario y monitoreo, debe aplicarse un modelo matemático al acuífero de Piura (parte alta), que permita pronosticar la disponibilidad del recurso hídrico y así desarrollar políticas racionales de administración del recurso hídrico que garantice su desarrollo sustentable.
- Continuar con el monitoreo del acuífero (03 veces al año), para lo cual deben utilizar las redes de control; tanto piezométrico como hidrogeoquímico.
- Ante la escasez de agua de buena calidad, éste debe utilizarse racionalmente mediante sistemas de riego tecnificado; implantando cultivos con alta rentabilidad y de baja demanda de agua (cultivos de agroexportación).
- Las aguas subterráneas (uso poblacional) a utilizarse en zonas rurales, deben ser tratadas antes de ser consumidas.
- Ejecutar campañas de aforos a los pozos que permitirá tener actualizado el volumen de agua explotado del acuífero.

- Actualizarse permanentemente los inventarios de fuentes de agua subterránea.
- Implementar un programa de regularización del uso del agua subterránea en toda la cuenca.
- En los nuevos pozos a perforarse, deben exigir a los usuarios la instalación de caudalímetros que permitirá verificar el caudal explotado
- En la Administración Técnica, debe tener un equipo personal técnico en aguas subterráneas (01 ingeniero y 02 técnicos) para el seguimiento y control del acuífero.
- Deben solicitar a las empresas dedicadas a la perforación de pozos en el valle, la licencia de autorización emitida por el INRENA y a los ejecutores de estudios; estar inscritos en el registro de consultores de INRENA.

BIBLIOGRAFÍA



14.0.0 BIBLIOGRAFÍA

- **Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS)** : “Estudio del Acuífero Subterráneo para el Abastecimiento de Agua a la ciudad de Piura”.
- **CENDRET – Convenio Perú – Holanda** : “Estudio de las Características Hidrodinámicas de los Suelos – Valle Piura”.
- **Dirección General de Aguas y Suelos (DGAS)** : “Proyecto Ampliación de la Frontera Agrícola con utilización de las Aguas Subterráneas” - 1987.
- **Dirección General de Estudios y Proyectos (DGEP)** : “Investigación Hidrogeológica de Explotación del Acuífero del valle Piura (Parte Alta)” – 1994.
- **Dirección General de Estudios y Proyectos (DGEP)** : “Diagnóstico del Aprovechamiento de Aguas Subterráneas del valle Piura (Parte Alta)” - 1994.
- “Estudio Hidrogeológico para la localización y diseño de pozos con fines de captación de Aguas Subterráneas para uso múltiple en el valle Piura (Parte Alta) Zona I-II-III” - 1997.
- **Jean Louis Astier** : “Geofísica aplicada a la Hidrogeología”.
- **Gastany** : “Tratado práctico de las Aguas Subterráneas”.
- **Emilio Custodio/Manuel Llamas** : “Hidrogeología Subterránea”.
- **César Reinaldo Vilela** : “Hidrogeología”.
- **Ernesto Orellana** : “Prospección Geoeléctrica”.