

8741472



REPUBLICA DEL PERÚ
MINISTERIO DE FOMENTO Y OBRAS PUBLICAS
DIRECCION DE IRRIGACIÓN

PROYECTO DE TINAJONES / PERÚ

Sobre la Geología e Hidrogeología
de la zona de irrigaciones
de
Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo

Dictamen elaborado por:
BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG

SALZGITTER INDUSTRIEBAU GESELLSCHAFT MBH.
NOVIEMBRE 1963

INDICE DE MATERIAS

	<u>Página</u>
Recopilación	1
Labor a ejecutar - Fases de esa labor	5
1. Introducción	8
2. Aspectos geológicos	10
2.1 Los bordes de la zona de irrigaciones y los "montes-islas"	10
2.1.1 La sucesión estratigráfica estudiada	12
2.1.2 La estructura montañosa en los bordes de la cuenca	17
2.2 Sedimentos recientes de la zona de irrigaciones	18
2.2.1 La sucesión estratigráfica estudiada de los sedimentos de la cuenca	20
3. Condiciones hidrogeológicas	30
3.1 Las exploraciones de aguas subterráneas	31
3.2 Los conductores de aguas subterráneas	33
3.3 La corriente de aguas subterráneas	37
3.4 Composición química de las aguas subterráneas	40
3.5 Curvas (topográficas) de nivel y zonas de cristalizaciones y manchas de sal	53
3.6 Zona de corrientes de aguas subterráneas, aprovechamiento de aguas subterráneas y su renovación	59
3. Medidas necesarias a tomar	65
Literatura	67
Anexos	

Relación de Anexos y Tablas



Anexo 1	Localidades y zonas en el Valle Viejo y en el Valle Nuevo y alrededores
Anexo 2	Ubicación de pozos y norias
Tabla 1	Clasificación estratigráfica de las rocas en los bordes de la zona de irrigaciones
Tabla 2	Clasificación estratigráfica de los sedimentos en un plano más superior del subsuelo en la zona de irrigaciones
Tabla 3	Característica química de aguas superficiales (aguas de regadío) en la zona de irrigaciones
Tabla 4	Característica química de aguas subterráneas de los horizontes freáticos I y III en la cuenca del Río Reque
Tabla 5	Característica química de aguas subterráneas en el área comprendida entre el Río Lambayeque y el Río Reque
Tabla 6	Característica química de aguas subterráneas en la zona situada entre el Canal Taymi y el Río Lambayeque
Tabla 7	Característica química de aguas subterráneas en la zona de Batan Grande - Sasape - Morrope
Tabla 8	Contenidos de cloruros de algunos cuerpos de aguas subterráneas
Tabla 9	Contenidos de sales a diversas profundidades y durante las pruebas de bombeo en los pozos explorados por el Ministerio de Fomento y O. P.

Tabla 10 Modificación del contenido de Cl' en aguas subterráneas durante las pruebas de bombeo 1963

Tabla 11 Lugares de ubicación de los puntos previstos para la medición de aguas subterráneas

Tabla 12 Lugares de ubicación para nuevas perforaciones de exploración

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Planos

Plano No. 1 Mapa geológico de la zona de irrigaciones de Chiclayo -
Lambayeque - Valle Nuevo

Plano No. 2 Mapa hidrogeológico de la zona de irrigaciones - Isohipsas
de las aguas subterráneas

Plano No. 3 Mapa hidrogeológico de la zona de irrigaciones -
Durezas y contenidos de cloruros en aguas subterráneas

Plano No. 4 Mapa hidrogeológico de la zona de irrigaciones - Niveles de
aguas subterráneas y zonas salificadas

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Recopilación

En el estudio geológico e hidrogeológico de la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo fueron hechas las siguientes comprobaciones:

Las sucesiones estratigráficas en los bordes de la zona de irrigaciones y en los montes testigos de esa misma zona están formadas por cuarcitas, areniscas, lutitas, margas, piedras calizas, vulcanitas y plutonitas. Todas ellas constituyen una serie estratigráfica que va de la edad triásica superior hasta la terciaria.

Las sedimentaciones presentan plegamientos en dirección NW-SE. Las dislocaciones en el conjunto de estratos transcurren con rumbo NW - SE, NE - SW y W - E. Aquí se trata posiblemente de desplazamientos según la pendiente, fallas centrífugas y dislocaciones.

En el subsuelo de la propia zona de irrigaciones yacen sedimentaciones, que posiblemente abarquen espesores superiores a los 200 metros y que pertenecen a una sucesión estratigráfica del plio-pleistoceno. Aquí es posible una subdivisión en ciclos sedimentarios. Estos estratos buzanan suavemente hacia el Océano, pero con un declive algo superior al del terreno. En el borde NE de la zona de irrigaciones se observa que el buzamiento es algo más vertical.

En los ciclos sedimentarios los depósitos de material limoso- arcilloso - atravesados frecuentemente por concreciones terrosas secundarias de cal con contenido de magnesio - están superpuestos por sedimentos de clásticos más gruesos. La disposición alternada de los sedimentos es típica en la estructura estratigráfica y factor que tiene influencia para la conducción de aguas subterráneas. Los depósitos acusan, en su mayor parte, un origen fluvial pero también lacustre o marino. La granulometría de las sedimentaciones va disminuyendo generalmente a partir de la desembocadura del Río Chancay a la llanura y en dirección W a NW.

Una emersión epirogénea regional dio fin a la sedimentación plio-pleistocena. Los componentes superiores de la estratificación fueron erosionados en la parte oriental y central de la zona de irrigaciones. En esa depresión morfológica sucedieron posiblemente en tiempo holocénico las escorrentías del delta de los ríos Chancay, La Leche y Jayanca (Morrope). Es muy probable que después de una nueva emersión epirogénea hayan sido recortados los amplios valles de vertiente de una estratificación plio-pleistocena - en la alta meseta situada en el Oeste de la zona de irrigaciones. La disposición de las terrazas *y* la dirección de los cauces de escorrentía muestran en ese período y al Norte de Lambayeque una confluencia de las aguas del Río Chancay con las de los ríos La Leche *y* Jayanca.

Formaciones de arenas movedizas de la era holocénica recubren amplias zonas al Oeste, Este y al Sur del valle de regadío. Las sedimentaciones de dunas más antiguas están entremezcladas con sedimentaciones fluviales del reciente delta del Río Chancay.


Los principales conductores de aguas subterráneas son las sedimentaciones fluviales y eventualmente también sedimentaciones locales marinas de elásticos gruesos, superpuestas a los depósitos pelítico-limosos - que aparecen siempre al final de cada uno de los ciclos de sedimentaciones plio-pleistocénicas. Los conductores de aguas subterráneas se encuentran agrupados, fuera de las zonas de los bordes, al pie de las montañas, como "stockwerke" de aguas subterráneas extendidos regionalmente. Por los perfiles existentes fue posible una paralelización de los diferentes conductores de aguas subterráneas sólo en el área de las haciendas Pucalá - Tumán-Pomalca.

La escorrentía de las aguas subterráneas sucede generalmente con rumbo al Océano Pacífico que sirve de emisario. Sólo en el Sur de la región actúa el Río Reque - continuación natural del Río Chancay como emisario de los areales vecinos. Los Ríos Lambayeque *y* La Leche que sólo localmente hacen de emisarios, tienen escasa importancia para toda la escorrentía de aguas subterráneas.

Sobre la composición química de las aguas subterráneas se han realizado ya más de 400 ensayos químicos breves respecto a la crudeza total, dureza en carbonatos y contenido de cloruros. Los resultados nos demuestran que tanto la crudeza total como el contenido de cloruros aumentan de forma continua hacia el Occidente *y* no a partir de la salida del Río Chancay de las montañas. Las concentraciones de (Ca, Mg) O y también las de Cl' en la zona oriental y central de irrigaciones son siempre algo más elevadas en las aguas cercanas a la superficie que en las aguas subterráneas de los "stockwerke" más profundos.

La salinidad de las aguas freáticas se puede derivar por las salificaciones superficiales que han sido producidas por aguas capilares, debidas en parte al elevado nivel natural de la napa freática y en parte también a la comunicación capilar con el riego superficial (realizado frecuentemente con caudales insuficientes de agua). La posibilidad de una salificación por sedimentos salinos se da en la parte occidental de la zona de irrigaciones, pero es muy probable que ésta sea de una importancia secundaria. Las aguas subterráneas dulces se extienden al Oriente de Reque - Chiclayo - Capote - San Miguel - Mamape - Ferreñafe - Pitipo - Illimo adentrándose en zonas de valles fluviales recientes por donde discurren los Ríos Reque, Lambayeque *y* Jayanca (Morrope) y penetran después, en parte, remotamente hacia el Occidente. También la salificación de las aguas subterráneas en los "stockwerke" más profundos se debe a infiltraciones de aguas superficiales con una fuerte salinidad. Aquí se trata de aguas superficiales que por infiltración a través de afloraciones de estratos se ponen en contacto con diferentes conductores de aguas subterráneas. Por deposición de las aguas freáticas se producen concentraciones sumamente elevadas de Cl'. Esos contenidos de cloruro han podido ser disminuidos en muchos casos hasta aprox. un 30 % de su concentración primitiva por medio de un fuerte bombeo de aguas freáticas procedentes de los "stockwerke".

Al investigar escorrentía y rendimiento de aguas subterráneas *y* al hacer ensayos químicos breves pudieron distinguirse diferentes corrientes de aguas freáticas. Los caudales de aguas freáticas procedentes del curso medio del Río Chancay, más arriba de La Puntilla, sólo son aprovechados en las Haciendas Huaca Blanca, Cuculí *y* Pampa Grande. En las zonas más abajo de Saltur no tienen prácticamente importancia *y* si la tienen sólo secundaria esas escorrentías de aguas subterráneas. Las corrientes de aguas freáticas restantes en la región de regadío de Chiclayo-Lambayeque - Valle Nuevo (Valle Nuevo fuera del área de afluencia de La Leche y Jayanca) son alimentadas por infiltraciones de aguas de regadío, principalmente las que proceden de los canales principales. Estas infiltraciones originan embalses que se llenan en tiempos de gran aportación *y* que en períodos de escasez son intensamente aprovechados en algunos lugares.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA 
La extracción anual de aguas subterráneas era en el período de estudio (Enero a Abril 1963) del orden de los 90 millones de m³. De estos, el 70 a 80 % es muy probable que proceda de aguas infiltradas de las irrigaciones.

Labor a ejecutar - Fases de esa labor

Labor a ejecutar

"Realización de reconocimientos geológicos e hidrogeológicos en la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo y determinación de la configuración geológica así como representación de los resultados en cartas y diagramas con ayuda de los datos ya existentes".

Ritmo de los trabajos: 22-1/23-1-63 Viaje Hannover - Lima/Perú

23-1/25-1-63 Trabajos preliminares en Lima

26-1-63 Viaje Lima - Chiclayo

27-1/21-4-63 Levantamientos geológicos en la zona de regado de Chiclayo -Lambayeque - Valle Nuevo

22-4/23-4-63 Viaje Chiclayo - Lima

24-4/27-4-63 Trabajos de recopilación en Lima

28-4/30-4-63 Viaje Lima - Hannover 2-5/30-8-63

Elaboración del dictamen.

Sobre la marcha y resultados del estudio han sido entregados los informes preliminares siguientes:

3) 1er informe sobre las actividades de fecha 24 de Febrero de 1963

1) Informe preliminar sobre la geología e hidrogeología de la zona del proyecto

- 1) Rasgos geológicos fundamentales de la zona de regado
- 2) Rasgos hidrogeológicos fundamentales de la zona de irrigaciones, comprendidos en el estudio: "Proyecto Tinajones, Informe Preliminar sobre su factibilidad económica y técnica (Tomos I, II, III) de Marzo de 1963".

- 4) 2^a Informe sobre las actividades de 25 de Abril de 1963
- 5) 3^a Informe sobre las actividades de 25 de Abril de 1963

- 7) Informe preliminar sobre salificaciones del agua subterránea de fecha 28 de Junio de 1963.

Como cartas pudieron utilizarse las siguientes:

- 1.) 1 : 200,000 Carta Nacional del Perú, hoja Chiclayo, hoja Chongoyape

- 2.) 1 : 100,000 Ampliación de la Carta Nacional del Perú a 1 : 200,000

a disposición tuvimos los siguientes mosaicos y planos aéreos:

- 3.) 1 : 20,000 Planos aéreos topográficos de las Haciendas Pucalá, Pátapo, Tulipe, La Crea, Cuculí etc.

- 4.) 1 : 10,000 Planos aéreos topográficos "Olmos y Anexos", 89 hojas que abarcan la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo.

- 5.) aprox. 1 : 12,000 Mosaicos aéreos de la zona de irrigaciones Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo.

Fases de la labor a ejecutar

Los levantamientos hidrogeológicos y geológicos en la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo fueron ejecutados siempre que fue factible paralelamente, pues no resultaba eficaz llevar a cabo levantamientos aislados, en vista de la extensión de la zona a estudiar. Una vez determinada la posible estructura estratigráfica, pudieron ser completados en su mayor parte los levantamientos geológicos con

ayuda de los planos aéreo-topográficos y mosaicos aéreos.

A partir del 11 de Marzo de 1963, el Dr. SEEGER (SIC) se hizo cargo de los trabajos de levantamientos en la parte norte de la zona de irrigaciones (Valle Nuevo); en un sector de aprox. 30 planos aéreo-topográficos, escala:

1.10,000.

Para apoyar los trabajos, el Ministerio de Fomento y Obras Públicas Departamento de Proyectos - tuvo la gentileza de prestarnos su ayuda en la forma siguiente:

Puso a nuestra disposición:

- 1.) un pequeño equipo de perforación - para trabajos de exploración - con el personal necesario. La dirección de los trabajos corrió a cargo de los ingenieros RODRIGUEZ y CALDERON,
- 2.) vehículos y chóferes para todos los grupos de trabajo,
- 3.) el apoyo del Ing. A. ANGULO del Ministerio experto para esa zona para la introducción en la zona de los trabajos y localización de pozos. El Sr. Angulo actuó además como coordinador para proporcionar la documentación necesaria.

Por mediación del Sr. Angulo pudieron colaborar en esos trabajos los estudiantes de la Escuela Agronómica de Lambayeque, Señores C. KORTITOSKY y C. PEREZ.

- 4.) Para medir el nivel absoluto de los pozos y de la napa freática se pusieron a disposición varios topógrafos bajo la dirección del Ing. 1U. SAAVEDRA.

Al lado del Ingeniero SAAVEDRA colaboraron en estos trabajos los siguientes topógrafos: J. MARTINEZ, J. TELLO, J. GUTIERREZ, E. MIRANDA, R. VALDEZ y E. CALVEZ. En cada grupo actuaron también 2 o 3 ayudantes.

- 5.) Como ayudante en los propios trabajos de levantamientos y en el Laboratorio nos prestó su ayuda Don MANUEL y en los trabajos de dibujo C. HUAMAN.

La Inspección y Dirección de todos los grupos peruanos de trabajo fue **asumida** por el Ing. VEGA. En este lugar hemos de expresar tanto al Sr. VEGA como a sus colaboradores nuestro profundo agradecimiento por su valiosa ayuda.

Nuestro agradecimiento especial también por el gran apoyo prestado y por las muchas informaciones recibidas queremos hacerles extensivo a los Sres.:

Dr. SCHINDLER Hacienda Tumán
Ing. REYES

Ing. Ricardo DE LA PIEDRA Ing. Hac. Pomalca
Carlos DE LA PIEDRA)

Ing. MERCADO Hac. Pucalá
Ing. ZOEGER llac. Capote

Introducción

La zona de regadío del Río Chancay denominada también zona de irrigaciones para Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo está situada a aprox. 750 Km al NNW de Lima, capital de la República. Esta zona se extiende a lo largo de la costa del Pacífico en dirección NNW-SSE en una longitud de 44 - 48 Km acusando una anchura de 20 a 36 Km en sentido WSW-ENE. Al Este del ensanchamiento del valle y en las cercanías de Pátapo aún continua extendiéndose la zona de irrigaciones hasta aprox. 25 Km aguas arriba del Raro Chancay con rumbo E o ENE acusando en dirección N-S una anchura de 9 a 1 1/2 Kms.

La zona de irrigaciones queda delimitada en el NE, SE y S por alineaciones montañosas de las cordilleras occidentales. En el SO y O, los límites son constituidos por la costa del Océano Pacífico y respectivamente por una faja litoral que se va ensanchando hacia el Norte y que queda situada entre la costa y la zona de irrigaciones. Esta faja forma una especie de terraza costera elevada que se pierde hacia el Nordeste en el desierto de Sechura. Al Norte no existen límites naturales de la zona sino que continúa un área de transición a las regiones de regadío no estudiadas que se extienden alrededor de Jayanca y Motupe.

La zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo se halla entre los 100 y 5 metros sobre el nivel del mar, acusando generalmente alturas inferiores a los 60 metros.

Algunos "montes-isla" aislados se elevan hasta los 250 m sobre el nivel del mar. Las alineaciones montañosas que delimitan la zona alcanzan alturas de 200 a 860 m y de 1343 m como máximo. El terreno declina suavemente en la región de regadío y fuera de los escasos "montes-isla" existentes - sin grandes alteraciones del relieve hacia la costa. El declive varía entre 1.6 % y 2.4 %.

La aportación superficial del Río Chancay es repartida en el sistema de distribución de La Puntilla (a aprox. 49 Km de la costa) a los canales del Taymi y del Río Lambayeque, denominándose Raro Reque al curso inferior del Río Chancay. El canal Taymi transcurre bordeando la montaña en dirección NO; el Río (canal) Lambayeque abastece la parte central de la zona de irrigaciones; este canal sigue en algunos tramos de su recorrido un antiguo valle fluvial. El Río Reque batía las zonas meridionales que bordean la región de irrigación muy cerca de las elevaciones montañosas que la delimitan.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



El borde septentrional de la zona en cuestión está situado en la cuenca del Río La Leche. Este discurre generalmente en dirección E-W. En su curso medio son aprovechadas las aguas por varias Haciendas para el regadío. El ancho lecho del Río, al Norte de Illimo, permaneció seco durante todo el tiempo que duró el reconocimiento (de Enero a Abril 1963). También el Río Jayanca procedente del Norte y que en su curso inferior con el nombre de Río Morrope bordea la zona de estudio, es aprovechado intensamente en las cercanías de Motupe y Jayanca (fuera de la región de estudio) no llevando apenas agua aquí en el Sur. Este curso del río se pierde en capas de arena movediza al NE de Morrope. Las formaciones de terrazas elevadas (terrazas costeras) de la zona occidental que delimita la región de estudio son interrumpidas por tres valles variando su anchura de 6 a 8 Kms. De Sur a Norte, estas zonas son las siguientes: El valle en el área de desembocadura del Río Reque cerca de Monsefú y Villa Eten, la zona del bajo valle fluvial del Río Lambayeque con la región de desembocadura al Occidente de Lambayeque y al Norte de San José y por último

la zona de desembocadura de los recientes valles fluviales del Río Jayanca.

La superficie total de la zona estudiada es de aprox. 2, 000 Km².

Aspectos geológicos

La estructura de la zona de estudio puede considerarse dividida, desde el punto de vista geológico y morfológico, en dos grandes unidades:

1. Los bordes que están constituidos por más antiguas alineaciones montañosas,
2. La cuenca que está rellena con sedimentos más recientes interrumpidos por "montes-islas".

Los bordes de la zona de irrigaciones y los "montes-islas"

De publicaciones anteriores así como de dictámenes e informes se tienen a disposición los siguientes datos sobre la estructura geológica de las alineaciones montañosas que bordean la zona de regadío:

PETERSEN (1956) informa de rocas calcáreas negras y grisáceas pertenecientes al Cretáceo Inferior así como también de cuarcitas en los bordes de la zona de regadío. Entre Tres Tomas y La Puntilla así como también en la parte meridional del valle del Chancay en el Co. del Muerto se presentan plutonitas granodioríticas y dioríticas, que parece se hayan introducido a causa de dislocaciones de montañas sucedidas en el Cretáceo.

FISCHER (1956) describe detenidamente una sucesión estratigráfica de sedimentos y vulcanitas de la ladera Sur del valle del Río La Leche adyacente a las montañas La Traposa y Calabozo. Estas montañas están situadas a aprox. 25 Km al NE de la zona de estudio. La serie estratigráfica explorada pertenece al Triásico Superior o al Jurásico Inferior respectivamente, lo que queda comprobado por medio de faunas descubiertas en perfiles geológicos de las zonas adyacentes o por perforaciones profundas. La tabla I muestra el perfil geológico descrito en esta publicación.

PETERSEN (1957 a & b), en sus dictámenes sobre el aprovisionamiento local de agua potable, estudia las series estratigráficas en los bordes de la zona de irrigaciones y en los montes-testigo, dándonos a conocer los siguientes datos:

Al Este de Ferreñafe, en las montañas Purgatorio y Mirador, se encuentran rocas calcáreas del Liásico Inferior. Los cerros de Tres Tomas están constituidos por granodioritas.

b) Los Cerros de Pimentel (Cerros de Chiclayo, Co. del Panteón) están formados por esquistos sercitosos con intercalaciones de cuarzo y cuarzitas; los estratos buzcan 45° hacia el Occidente. Se considera como probable "que la edad de estas estratificaciones corresponda al Paleozóico" *-

Entre Pátapo y La Puntilla se comprueba la presencia de plutonitas básicas sucediendo más arriba y hasta Chongoyape rocas graníticas que probablemente pertenecen a la edad mesozóica. A esta edad corresponden también, según el autor, las areniscas y rocas calcáreas que se encuentran en la Pampa de Burros más arriba de Pátapo; en los alrededores de Cuculí (NE La Puntilla) se pueden catalogar los sedimentos - a juzgar por los fósiles encontrados - como pertenecientes al Liásico Inferior.

En la carta geológica de El Perú (BELLIDO, NARVAEZ & SIMONS, 1956) han sido registradas intrusivas del Cretáceo y Terciario en el Co. Requena - borde meridional de la zona de irrigaciones - así como en los grupos montañosos del Co. Boró, Co. Combo y en los montes de las inmediaciones de Pátapo. Las cadenas montañosas en el borde NE de la zona de estudio están constituidas, según los mismos autores, por rocas del Cretáceo Inferior, a las cuales suceden en dirección ENE depósitos del Jurásico y Triásico en facies de sedimentos y vulcanitas.

En las aclaraciones que se hicieron de esta carta (BELLIDO y SIMONS, 1957), esta serie de sedimentos y vulcanitas (Edad Jurásica y Triásica) queda interpretada por las exposiciones de FISCHER (1956). Falta una determinación más concreta para los sedimentos del Cretáceo Inferior representados en la carta y que aparecen en los bordes inmediatos a la zona de irrigaciones.

SCHOFF y SAYAN (1959) describen granitas granodioritas y dioritas (de la Edad Cretácea y Terciaria a juzgar por la carta del Perú) que se encuentran en La Puntilla, Pátapo y Co. Luya. Más al Norte se hallan el Co. Mirador y el Pico de Gallinazo que están formados por petrosilex de color gris claro y pórfidos petrosilex. Según los autores, en la Pampa de Burros se observa la presencia de rocas calcáreas y calizas silíceas que también son mencionadas para Cuculí y Saltur. Estos estratos parece sean del Cretáceo.

Cuarcitas aparecen 2 Km al Norte de Sipán. El Co. Morropillo está constituido (a juzgar por los informes emitidos) por basalto, granito y rocas metamórficas, habiéndose observado en un lugar la presencia de conglomerados. La cima meridional del Co. Combo parece estar formada por granito y rocas metamórficas. Los Cerros de Pimentel están estructurados por cuarcitas con intercalaciones de esquistos metamórficos en algunos lugares.

Para el presente estudio no se dispuso de una carta geológica especial o general de la zona de irrigaciones e inmediaciones.

2.1. 1. La sucesión estratigráfica estudiada

En la tabla 1 se intentó comparar las observaciones hechas en los levantamientos geológicos sobre las series estratigráficas con el perfil geológico de FISCHER (1956) (compárese también Anexo 1). Datos sobre los espesores sólo se han indicado (caso de haberse hecho) como complemento al perfil de FISCHER.

Paleozoico ? -----

En el Morro de Eten a pocos centenares de metros en la parte meridional del límite cartográfico existen gneise anfibolíticos de color gris oscuro y semioscuro con una estructura cristalina gruesa hasta muy fina. En todo el resto de la zona de estudio no fueron observados semejantes estratos. Aquí: se supone que esta serie pertenece al cristalino de los "Macizos Occidentales" mencionado por FISCHER.

Mesozóico -----

Triásico Superior

Al Sur de Pampa Grande y Saltur se presentan, debajo de una serie de calizas, estratificaciones de tobas y arcillas esquistosas de color verde amarillento hasta marrón que, según las características de sus estratos y

estructura petrográfica, pueden clasificarse - con salvedad - en la sucesión estratigráfica del Triásico Superior.

Jurásico Inferior

Calizas listadas que en algunas capas están silificadas se comprobaron al pie del Co. Yutay en la Pampa de Burros así como también en las inmediaciones de Saltur. Con motivo de su estructura petrográfica, éstas se ordenan al igual que las calizas y margas de Cuculí - a la serie de calizas del Jurásico Inferior, mencionado por FISCHER. Al Sur de Saltur esta serie se superpone a arcillas esquistosas con intercalaciones de vulcanitas, siendo más antigua que las cuarcitas en las inmediaciones de Cuculí (A. kl. BORNHORST), mientras que en el Co. Yutay yace bajo vulcanitas intermedias.

Calizas fuertemente metamórficas, silíceas y epidotas que corresponden posiblemente a la misma serie estratigráfica se observan en la parte SO de Salta así como en las lomas montañosas 7 Km al Occidente de Salta hasta 4.5 Km. Al SE de Pomalca.

Los ensayos realizados con testigos de estos estratos sobre microfósiles no han dado ningún resultado.

Jurásico Medio

Tobas intermedias hasta ácidas y lavas intermedias fuertemente alteradas por acción hidrotermal suceden en capas superiores a las series de calizas ya descritas y son superpuestas por cuarcitas. Estas han sido observadas en la parte septentrional de Sipán, cerca de Pampa Grande, en Co. Boca del Tigre, en Co. Gasparin, en Co. Yutay, en Co. Tambo Real, en Co. Mirador y en Co. Sapame. Las vulcanitas de los Cerros San José, Morropillo y Combo al SW de Saltur, en la parte Norte de Co. de Luya y en Co. Purgatorio se clasifican con salvedad en la misma serie estratigráfica. Los estratos de esta sucesión están casi

todos más o menos fuertemente cloritizados y epidotizados.

Cretáceo Inferior (Valendis hasta Aptiense)

Las vulcanitas del Jurásico Medio reposan bajo una serie potente de cuarcitas en las cuales se encuentran intercaladas capas de areniscas y arcillas esquistosas de diferente espesor y de una importancia secundaria. En la base de esta serie se comprobó en el Co. Gasparin la presencia de areniscas rojizas, brechas y vulcanitas por debajo de éstas ignimbritas? en espesores de algunos decámetros. Al Norte de Sipán, capas de cuarcitas y areniscas están superpuestas y en contacto inmediato con vulcanitas básicas. En la zona del Co. Mauro en el Norte, la parte baja de la sucesión de cuarcitas está constituida por cuarcitas de color rojizo que acusan un espesor superior a los 100 m. Toda la sucesión es, según FISCHER (1956), de una potencia de más de 1, 700 m y según nuestras observaciones probablemente superior a los 2,500 m.

Estas cuarcitas se muestran en un conjunto de estratos y se encuentran cerca de Sipán, en Co. Boca del Tigre, en Co. Gasparin y a partir de C.), Mirador toman rumbo hacia el NW extendiéndose a través de 24 Km hasta el Co. Sapame. A juzgar por su composición petrográfica, las series de cuarcitas de los Cerillos de Reque y Cerros de Pimentel pueden agruparse también a este conjunto de estratos.

Cretáceo Medio (Aptiense hasta Albaniense ?)

En la diaclasa longitudinal (techo) de las cuarcitas y areniscas ya descritas suceden, a juzgar por las características de los estratos, vulcanitas que en su mayor parte tienen una composición intermedia.

Según las comprobaciones de A. kl. BORNHORST en la zona de Tinajones se trata aquí principalmente de lavas andesíticas y sólo en segundo grado aparecen aglomerados que en parte están entremezclados con bancos de cuarcitas y arcillas esquistosas.

Cretáceo - Terciario (entre Albaniense y Minoceno)

Sobre las cuarcitas pero en contacto perturbado se observa la presencia de estratos constituidos por tobas aglomeradas (Co. Fala hasta Co. Tres Tomas) en su mayor parte de color verdoso que están **en** parte fuertemente silificadas, así como también ignimbritas (Co. Tambo Real, Co. Túcume, Co. Luya, Co. Boca del Tigre). Estas series estratigráficas, que alcanzan espesores de hasta varios centenares de metros, son de formación más reciente que las cuarcitas del Cretáceo Inferior y más antiguas que las recientes intrusiones granítico-granodioríticas. Es de suponer que las tobas aglomeradas hayan recubierto el relieve de una antigua superficie terrestre, lo que también es muy probable para las ignimbritas (observaciones hechas en el Co. Mirador/ladera meridional, en el Co. Tambo Real, en el Co. Boca del Tigre).

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

Era Kenozoica

Terciario (Iio-Plioceno ?)

A ambos lados del valle del Chancay, que se va angostando a medida que se extiende hacia el Este, se comprobaron en varias laderas de montañas lavas andesíticas de color oscuro y vítreas que en sus estratificaciones llanas no permitieron reconocer macroscópicamente ningún metamorfismo de contacto. Estas lavas constituyen las cimas de los Co. Alto del Guayabo y Co. La Puntilla (estratos muy similares se observaron también al pie del Co. Azul de Pátapo y Co. del Fuerte).

Rocas intrusivas

Intrusivas subvulcánicas de composición riolítica a dacítica se han encontrado al pie del Co. Gasparín y al Sur de Pampa Grande, mostrándose como rocas fuertemente cloritizadas.



Las plutonitas aparecen en 2 sucesiones que en su mayor parte se componen de estratos granodioríticos. Estos se muestran frecuentemente muy cloritizados y epidotizados. Los estratos denominados "plutonitas más antiguas" se encuentran en Co. Boró, Co. Colorado y en los Cos. de Saltur, en las inmediaciones de Tabernas, en los Cerros de Pacherez, en el Co. del Fuerte y en el Co. Boca del Tigre en la ladera meridional del valle del Chancay. En los límites septentrionales y en la parte noroeste de la zona de irrigaciones y más concretamente en la ladera oriental del Co. La Puntilla, en el Co. del Guayabo y en sus inmediaciones, en Co. Azul de Pátapo y en Co. Luya se observa la presencia de esas antiguas plutonitas.

Bloques aislados de otras rocas, que se presentan en su mayor parte en una matriz macrocristalina, son característicos para las gravitas más recientes que se encuentran con una estructura típica en el Cerro Reque. Estas estratificaciones se han introducido en las antiguas granodioritas del Co. Boró habiendo producido epidotizaciones en su zona de contacto.

Al lado de éstas aparecen estratos granodioríticos, la mayoría de estructura cristalina fina y de color gris claro hasta oscuro, que aparentemente pertenecen a una formación más reciente y que en general están débilmente cloritizados. Estos estratos muestran una capa superior de material descompuesto que en general tiene poco espesor. Su presencia se observa en el Co. Azul de Pátapo, en Co. La Puntilla, en Co. del Fuerte, en los Cerros de Pacherez y en los de Saltur. Estos contienen bloques aislados de otras rocas que se presentan con una intensidad variable.

Como edad probable para las diferentes series de intrusivas se toma provisionalmente la siguiente:

- | | |
|---|--------------------------|
| 1) para las plutonitas más antiguas (tipo Boró))
y para las vulcanitas también más antiguas)
(tipo Pampa Grande) | aprox, post-
nevádico |
| 2) para las plutonitas de color gris oscuro)
(tipo La Puntilla) y para las plutonitas de)
estructura cristalina gruesa (tipo Reque)) | aprox. Mioceno |

2 1. 2. La estructura montañosa en los bordes de la cuenca

Las sucesiones estratigráficas mesozoicas en los bordes de la zona de irrigaciones toman en general rumbo hacia el NW-SE (aprox. 140°) y están intensamente plegadas.

Según el rumbo y buzamiento de las rocas sedimentarias se pueden fijar con gran probabilidad las siguientes unidades tectónicas (de NE a SW):

- 1.) Un gran pliegue sinclinal con intenso plegamiento especial en la zona de Tinajones y con una serie de sedimentos y vulcanitas en el centro.
- 2) Un gran pliegue anticlinal en el borde NE de la región de irrigaciones. En su centro afloran tobas que posiblemente pertenecen al Triásico Superior. En los flancos de este gran pliegue anticlinal con plegamiento especial en si mismo buzan (42 - 60°) hacia SW cuarcitas del Cretáceo Inferior y 20 - 58° hacia el NE respectivamente.

En el centro y en los flancos de ese anticlinal se encuentran intrusiones de plutonitas ácidas e intermediarias correspondientes a diferentes edades.

- 3.) Entre Saltur y Co. Colorado se halla un sinclinal, en cuyo centro en el grupo de montes "islas" del Co. Combo y al Oeste de Saltur, se han conservado vulcanitas del Jurásico Medio.

- 4.) La estructura del plegamiento no se presenta en un principio bien delimitada en dirección Occidental, es decir en la zona de los plutones y del Co. Colorado y Co. Reque. En los Cerillos de Reque es donde afloran cuarcitas en un anticlinal. Esta estructura del anticlinal con cuarcitas, que es de suponer pertenezcan al Cretáceo Inferior, se puede perseguir a lo largo de 20 Kms en dirección NNW y más allá de los montes "testigos" al Occidente de Chiclayo.

En su conjunto es de suponer pues un espejuelo de plegamientos (declive de plegamientos) que va buzando en dirección SW.

Entre el afloramiento de estratos que se supone sean del Triásico Superior al Sur de Saltur y los sedimentos cretáceos al Norte de Sipán se ha de suponer un gran trastorno que posiblemente transcurre con rumbo de 140°, es decir, paralelamente al rumbo principal de la cadena de montañas hacia el NW y en dirección Mochumf - Túcume. En su supuesto rumbo a través de la zona de estudio está recubierta de sedimentos recientes. Otras superficies de trastorno (desplazamientos según la pendiente, depleciones) fueron comprobadas en direcciones NNW-SSE, WSW-ENE y EW.

2-2- Sedimentos recientes de la zona de irrigaciones

De los documentos adjuntos pueden tomarse los siguientes datos sobre la estructura de las series de sedimentos recientes:

MACDONALD (1956) describe una fosa tectónica del Mioceno que se extiende a través de casi todo el subsuelo del desierto de Sechura. La zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo se une inmediatamente en la parte meridional a esa fosa tectónica. Según la carta que acompaña a este trabajo, es de suponer que el borde meridional de la cuenca en el subsuelo de la parte septentrional y central de la zona de irrigaciones está constituido por sedimentos del Mioceno y Oligoceno a los cuales están sobrepuestos sedimentos más recientes.



PETERSEN (1956) describe los sedimentos del subsuelo de la zona de irrigaciones como una serie alternada de arcillas, arcillas arenosas, arenas arcillosas, arenas, gravas *y* cantos rodados. Los estratos de estos sedimentos acusan un diferente espesor. Según Petersen, los sedimentos de elásticos gruesos importantes para la conducción de aguas subterráneas se encuentran en su mayoría sólo en forma de cuerpos lenticulares.

PETERSEN (1957 a, b, c) da a conocer en sus dictámenes más pormenores sobre el aprovisionamiento de agua potable en la zona de Chiclayo:

a) En las cercanías de Ferreñafe, las capas más superficiales están constituidas por sedimentos fluviales del Pleistoceno. Estos sedimentos acusan en la zona de transición entre los sedimentos del Río Chancay y los del Río La Leche - una granulometría que en general es más fina que la de los estratos situados más al Sur de este lugar.

b) Al SSE de Pimentel afloran estratos de arcillas *y* conglomerados con rodados de color oscuro *y* verde, los cuales están atravesados intensamente por filones de sal *y* yeso. Petersen clasifica estos estratos en el Pleistoceno Antiguo "Formación Pacasmayo". 5 Km al NE de Pimentel se encuentran sedimentos sueltos formados por gravas fluviales, arenas *y* arcillas que son agrupados en el Pleistoceno Superior.

En los alrededores inmediatos a Pimentel la presencia de arena de conchillas hace suponer la existencia de una terraza costera elevada. Un pozo perforado en 1914 a aprox. 1. 3. Km al NE de Pimentel atravesó probablemente más de 100 m de sedimentos de la "Formación Pacasmayo". Petersen mencionó en sus informes anteriores la presencia de calcitas *y* arcillas esquistasas en la parte más profunda de la perforación que pueden ser de origen liásico o paleozoico.

c) Los sedimentos comprobados en los alrededores de Monsefù son agrupados en el Pleistoceno Superior. Las Lomadas de Paredón situadas al Sur de Monsefù están constituidas por arenas dunáticas.

BELLIDO *y* SIMONS (1957) hacen sólo algunas descripciones de sedimentos del Plio-Pleistoceno que se extienden por las zonas costeras del Perú. Estos sedimentos están formados por margas, conglomerados, areniscas calcáreas, arcillas esquistasas, gravas, arenas *y* arcillas. Las potencias totales observadas son de 100 - 150 metros.

SCHOFF *y* SAYAN (1959) tratan detenidamente las condiciones de los sedimentos fluviales constituidos por gravas, arenas *y* arcillas en vista a los sedimentos del subsuelo en la zona irrigaciones. Entre Cuculí *y* Tumán se encuentran



bajo arcillas y arenas finas de 2. 5 a 15 m de espesor, arenas granulosas y gravas de una potencia de 6 a 10 metros, que sin embargo también contienen inclusiones arcillosas. Debajo de estas capas se observa de nuevo la presencia de arcillas entremezcladas con arena y grava. En perforaciones más profundas se encontraron - sólo al Sur de Ferreñafe a profundidades de hasta 70 metros estratos acuíferos de un espesor considerable. Como comprobación general se destaca el predominio de sedimentos arcillosos a profundidades inferiores a los 30 metros. En la parte Occidental de la zona de irrigaciones existe la posibilidad de una salificación de las aguas subterráneas en estratos de sedimentos marinos y fluviales. Los autores del informe clasifican estos sedimentos en la época aluvial y reciente. Los sedimentos aluviales están superpuestos por capas de dunas que abarcan alturas de hasta 8 M. Sedimentos más antiguos de dunas están entremezclados localmente con sedimentos aluviales más recientes.

2. 1. La sucesión estratigráfica estudiada de los sedimentos de la cuenca Las capas terciarias y mesozoicas de los bordes de la zona de irrigaciones van desapareciendo a lo largo del curso del Río Reque y del Canal Taymi bajo sedimentos recientes y en su mayor parte no consolidados (sedimentos de la cuenca) (compárese Anexo 1). Los "montes islas" de los cerros Túcume, Combo Morropillo- San José, Boró y Pimentel denotan la presencia de un relieve en las capas más profundas del subsuelo de la cuenca, el cual se ha entallado en sucesiones de estratos más antiguos. Este relieve puede perseguirse superficialmente en el rumbo general de las montañas desde el borde meridional de la zona de irrigaciones y a lo largo de 20 - 25 Km hacia el NW.

Para el nuevo estudio de las capas más superiores de la serie de sedimentos en la zona de irrigaciones pudieron consultarse los documentos siguientes:

- 1.) Observaciones hechas durante los levantamientos geológicos efectuados en la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque (de Enero a Abril de 1963).
- 2.) Observaciones hechas en aprox. 500 pozos poco profundos y norías en la zona de irrigaciones (de Enero a Abril de 1963).



3.) Aprox. 480 descripciones del perfil con ayuda de perforaciones de reconocimiento y pozos profundos (*).

No pudieron obtenerse datos fidedignos sobre la estructura del relleno más profundo de la cuenca. Generalizando puede suponerse que una sucesión estratigráficas más reciente - probablemente del Plio-pleistoceno - está superpuesta discordantemente a sedimentos óligo-miocénicos, por lo menos en la parte septentrional de la región de regadío (MACDONALD, 1956). No son conocidos en la zona de estudio reconocimientos en esos estratos del Terciario Medio.

Plio-pleistoceno

Según las observaciones hechas y a juzgar por los documentos disponibles, los sedimentos recientes en el subsuelo de la zona de irrigaciones se muestran por lo general en estratos llanos y buzan con inclinaciones de 2 - 5 ‰ en dirección SW hasta WSW hacia el Océano. Buzamientos algo mayores de hasta un 20 ‰ como máximo (o aprox. 1. 30) se encuentran en el subsuelo al pie de los antiguos bordes de cordilleras o en los bordes de viejos valles, en su mayoría bien constituidos.

Las descripciones del perfil de las perforaciones realizadas antes de 1963 son dispares y dan actualmente sólo un concepto general sobre las series sedimentarias del subsuelo.

Así por ejemplo, se pudo comprobar que la descripción de una zona de 40 a 50 m de espesor se basó en una prueba de los detritos de una perforación. En el reconocimiento de otro sondeo fueron extraídos - por medio de un ensayo de bombeo 360 - 430 m /h de aguas subterráneas de una serie estratigráfica de 40 a 50 m de espesor, la cual había sido descrita como arcillosa hasta de carácter fino-arenoso. Los resultados del ensayo hicieron, más bien, alusión a sedimentos potentes de clásticos gruesos.

Los sondeos de exploración de una profundidad de 15 a 58 m llevadas a cabo por el Ministerio de Fomento durante nuestros trabajos de reconocimiento contribuyeron en sumo grado a aclarar e interpretar las series estratigráficas del subsuelo. Los equipos de perforación disponibles no permitieron lamentablemente un descubrimiento de los horizontes más profundos.



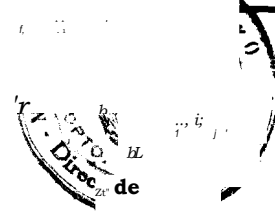
En los depósitos sedimentarios se trata de una sucesión de capas alternadas de una estructura en ciclos formada por sedimentos marinos y estuarinos hasta fluviátiles y lacustres. Se pueden comprobar relieves antiguos, y las formaciones de rodados se encuentran principalmente a los bordes de las cordilleras.

No pudieron comprobarse con seguridad absoluta los efectos de fallas recientes o antiguas reactivadas en los sedimentos del relleno de la cuenca (véase pág. 18).

Los estratos más profundos y con ello quizás los más antiguos han sido descubiertos en el sondeo 19-5 (Las Lomas de Ferreñafe) a una profundidad de 100 a 200 metros. A una profundidad de 100 a 147 metros fueron perforadas aquí arcillas levemente arenosas que en parte mostraron decoloraciones. Por debajo de los 147 m (hasta 202. 50 m) se comprobó la presencia de una serie de estratos alternados formada por gravas de carácter fino-arenoso con arenas finas más potentes de carácter limoso. Este único reconocimiento por debajo de los 100 m no nos da señales amplias sobre la estructura regional o sobre la continuidad de esos antiguos sedimentos de la cuenca.

Las sucesiones sedimentarias reconocidas en un mayor número de pozos profundos y sondeos de exploración hasta los 100 m de profundidad están formadas por arcillas, arenas de carácter limoso, arenas finas y gruesas así como también gravas en estratificación alternada que muestran todas las transiciones faciales entre los diferentes tipos. Los sedimentos arcillosos se encuentran veteados frecuentemente por concreciones de cal, yeso y sal por encima del nivel freático o bien son atravesados por semejantes rellenos de diaclasas. Las areniscas calcareas y conglomerados comprobados son interpretados como sedimentos sueltos de la misma serie estratigráfica que fueron impregnados y consolidados por soluciones circulantes.





Los grupos de estratos, que en parte acusan una variabilidad extrema en cuanto a su espesor y constitución, dan generalmente fé de una sedimentación fluvial. Intercaladas se encuentran intrusiones marinas (véase líneas más abajo). Es muy difícil y frecuentemente incluso imposible una paralelización de las capas entre sí. En la mayoría de los perfiles se observan - a profundidades por encima de los 60 m - estratos de arenas gruesas y gravas que están superpuestos a arcillas o arcillas arenosas entremezcladas frecuentemente con concreciones de cal. La superficie de las sucesiones arcillosas se puede perseguir frecuentemente a lo largo de grandes extensiones. Los sedimentos superpuestos de elásticos gruesos varían considerablemente en su espesor y granulometría.

El cambio de sedimentación grava y arena permite una subdivisión del subsuelo de la zona de irrigaciones en una serie de ciclos sedimentarios que están estructurados de acuerdo con el siguiente esquema de perfiles (Ejemplo NW Lambayeque):

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA

<u>Zona de sedimentación</u>	<u>Componentes de material</u>
marina	(arenas fosilíferas) rodados de granulometría desigual y poco redondeados
fluvial	arena y grava fina superficie del fondo
relieve antiguo	arcilla entremezclada con concreciones terrosas de cal, yeso y sal areniscas calcáreas de granulometría desigual en sitios hasta brechosas
fluvial	_____ superficie del fondo arcilla y arena limosa vetada por formaciones terrosas de cal
marina	arena fosilífera fina hasta gruesa
fluvial ?	conglomerado (consolidado por cal) y <u>arcilla arenosa</u> _____ superficie del fondo
viejo relieve	arcilla con concreciones terrosas de cal y yeso arena fina arcillosa

<u>Zona de sedimentación</u>	<u>Componentes de material</u>
fluviátil	areniscas calcáreas, en parte conglomeradas, arena fina
viejo relieve	<u>arena gruesa y grava</u> superficie del fondo arcilla con concreciones terrosas de cal.

La distancia correspondiente entre las superficies bases es de 5 a 15 metros. Hasta una profundidad de 100 metros se han podido comprobar o muy probablemente pudieron constituirse 10 ciclos semejantes de sedimentaciones, a juzgar por los perfiles estudiados de las perforaciones.

La sedimentación de arcillas que se viene repitiendo regularmente muestra unas condiciones de sedimentación cada vez más uniformes, depositada posiblemente en cuencas marinas llanas hasta en estuarios. La presencia de las concreciones terrosas de cal y rellenos de diaclasas en las arcillas (localmente también con concreciones de yeso y sal) paralelamente a una más frecuente y más fuerte cementación de los sedimentos elásticos yuxtapuestos denota, en nuestra opinión, una siguiente afloración completa de las superficies bases. Las cales terrosas y blandas pueden ser consideradas como típicas concreciones de cal en la zona capilar- próxima a la superficie- del agua subterránea, bajo condiciones climáticas áridas y semiáridas. Esas formaciones de crustificaciones calcáreas (cales de estepas harían por lo tanto, referencia a relieves de tiempos geológicos más antiguos.

El cambio abrupto a sedimentos de elásticos gruesos da señales de una nueva actividad erosiva mucho más fuerte, que sucede a la sedimentación de condiciones más regulares. El cambio de sedimentación sucede muy probablemente a continuación de movimientos oscilantes y epirogéneos de la zona. En las fases de



emersión, la sedimentación elástica fluvial se extiende en la zona desde los bordes de las montañas hasta lejos en dirección Oeste.

Esas sucesiones estratigráficas en ciclos se extienden por el subsuelo de toda la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo y además en hondonadas y valles del amplio litoral montañoso. Los estratos se inclinan hacia el Océano aflorando a la superficie con *sus* ciclos más recientes. Los ciclos sedimentarios más recientes pueden ser observados en las terrazas elevadas al Occidente de la zona de estudio *y* en parte también en la costa. Hacia el Oriente se puede comprobar la presencia de afloramientos de series cada vez más antiguas de esos sedimentos. Estos están recubiertos por estratos más recientes **y en** su mayoría de poco espesor (generalmente de 1 a 3 m, *y* como máximo probablemente hasta 10 metros).

En toda la zona de la sedimentación de la cuenca aparecen rodados *y* gravas en mayor espesor y continuidad *y* esto principalmente en el área de las Haciendas Pucalá, Tután, Luya, San Miguel y Capote. Esta zona es al mismo tiempo zona de desembocadura del Río Chancay al salir de la montaña, Por lo tanto, los sedimentos fluviales deben ser con gran probabilidad *y* en su mayor parte arrastres del valle del Río Chancay. La extrema desigualdad en los espesores *y* granulometrías que acusan los sedimentos de los arrastres fluviales permiten deducir que esos sedimentos, importantes para la conducción de aguas subterráneas, no se hallan muy extendidos, sino que posiblemente se presentan en los sedimentos de granulometría fina como cuerpos de aluviones signoidales *y* en estratos horizontales (llanos).

En la parte Occidental de la zona de irrigaciones pudo comprobarse, en los ciclos superiores, un engranaje de los aluviones fluviales con arenas marinas. Con fenómenos semejantes puede contarse también en los ciclos más profundos *y* en la parte central *y*



oriental de la zona de irrigaciones.

Los estratos de granulometría fina cubiertos por sedimentos gruesos, o los antiguos relieves no siempre son uniformes en su distribución. Estos fueron transportados en proporción diferente muy posiblemente al suceder la nueva sedimentación y la correspondiente erosión local y es de suponer que después de esto se halla interrumpido en algunas partes la continuidad de los sedimentos en cuestión. Para la interpretación de la constitución regional de las superficies bases de arcillas pueden tomarse en consideración, también en cierto modo, los cambios de las facies. En los reconocimientos adyacentes al mismo nivel de profundidad de los estratos arcillosos se pudo comprobar repetidas veces la presencia de arcillas arenosas o limosas. Un semejante cambio de los componentes del material de los estratos puede ser atribuido tanto a una erosión del antiguo relieve antes del nuevo depósito de sedimentos como también a un cambio primario de las facies condicionado por diferencias de relieve en la zona de sedimentación.

En los perfiles de las perforaciones, delante de los bordes montañosos, aparecen frecuentemente sucesiones potentes de sedimentos de arcilla y arena limosa con intercalaciones de piedras y bloques. Estos pueden ser considerados como sedimentos de escorrentías barrosas y ocupan frecuentemente muchos Kms de la cuenca.

En "hinterland" se han observado - en los grupos de testigos de erosión Combo - Morropillo - San José - sedimentos de terrazas a 10 - 30 m sobre el nivel actual de la zona de irrigaciones. Como fin a la sedimentación en ciclos de la cuenca es de suponer pues una emersión regional que en su magnitud sobrepasa los movimientos antiguos epirogéneos.

estratos bases



Las sedimentaciones de las series sedimentarias en ciclos se agrupan por su edad en el Plio-pleistoceno. A la vista de los documentos estudiados y datos conocidos no es posible una clasificación detallada de esos sedimentos respecto a su edad.

Pleistoceno Superior - Holoceno

En las inmediaciones próximas a los bordes montañosos así como también a los bordes y entre cada una de las montañas y demás alineaciones montañosas se pueden diferenciar formaciones recientes de derrubios de ladera y conos de deyección así como también terrazas y corredores de rodados. Estos sedimentos yacen en su mayor parte a una altura más elevada que la de los sedimentos de la cuenca cubriendo con formaciones de costras calcáreas antiguos relieves en vastas zonas. En la estructura estratigráfica de los corredores de rodados se encuentran principalmente sedimentos de elásticos gruesos con un redondeado variable. Estos están frecuentemente entremezclados con arenas finas y limosas posiblemente arenas movedizas en las que se observan migraciones por la acción fluvial. En algunos valles, las arenas de carácter fino hasta limoso con estratificación fina y vastamente extendidas hacen suponer la presencia de sedimentaciones locales de la cuenca.

Superficies más elevadas y más antiguas de terrazas al pie de la montaña, es decir al lado de los testigos de erosión y sobre todo en la parte septentrional de la cuenca (Valle Nuevo), hacen alusión a una antigua superficie erosiva que en muchas partes apenas si existen vestigios de ella. Frecuentemente es muy difícil e incluso imposible poder distinguir morfológicamente las terrazas elevadas de las formaciones de terrazas situadas al borde de las montañas NE y en la cuenca de los Ríos La Leche y Jayanca. Estas terrazas se han representado recopiladas en la carta.

Bordes de terrazas más recientes y de clara distinción acompañan a los valles jóvenes, y frecuentemente llanos situados en la zona de desagüe del Río Jayanca (Río



Morrope), en el Río La Leche, Río Chancay y Río Reque. Estos se encuentran también en las zonas limítrofes con el Río (Canal) Lambayeque, especialmente más arriba del grupo de "montes islas" del Co. Combo. En estas terrazas se pueden distinguir frecuentemente regueras laterales entre los sistemas de los Canales y Ríos Taymi Lambayeque - Reque. En el curso bajo del Río Reque se observan, además de la terraza más profunda del valle, otros 2 bordes de terrazas más elevadas que aparecen tanto en la región de Pucalá - Tumán como también en la zona adyacente al Reque, entre los 6 y 10 metros sobre el valle fluvial actual.

La formación de las terrazas deja prever un arrastre de tierras por erosión en el valle del Río Chancay que en proporción diferente llegó a abarcar generalmente un espesor aprox. de 10 m (max, hasta aprox. 30 m). Esta erosión sucedió en la Edad del Pleistoceno Superior hasta el Holoceno y a continuación de la emersión regional descrita en página 26. La magnitud del arrastre corresponde aproximadamente a la del ensanchamiento de la zona actual propia de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque (Valle Viejo). Al final de esta Edad es de suponer que sucedió una nueva emersión de la zona comparativa con la altura de la terraza costera elevada (terracea elevada) al Occidente de la región de regadío. En esta zona se muestran hoy - en una amplia continuidad - estratos del Plio-pleistoceno. Las costas abruptas tienen una altura de 6 a 10 metros. Esta altura corresponde a la altura de las terrazas que bordean el Río Reque.

Holoceno

La zona de irrigaciones de Chiclayo -Lambayeque está recubierta en vastas áreas de su extensión por acarreo más recientes del Río Chancay. Esta sedimentación fluvial más reciente ha de ser considerada como arrastres de delta. Dentro de esa formación de delta se pueden distinguir geomorfológicamente arenas del lecho del río que se muestran como formaciones de terrazas de valle, sedimentos de cuenca en



cubetas llanas de sedimentación y valles muy recientes así como también cañadas o regueras de descarga.

El límite septentrional de estos arrastres del Río Chancay discurre de Pátapo en dirección a Ferreñafe y NW hacia Las Lomas, cambiando después la dirección hacia el SW y hasta Yencala. En la zona de Sialupe - Yencala es de suponer - a juzgar por las formaciones erosivas y de terrazas - una confluencia en la Edad Holocénica de las aguas de las cuencas Jayanca (Morrope) y La Leche con las aguas del Río Chancay. El desagüe común en el mar tuvo que suceder, en aquella época probablemente en la extensa hondonada, al Norte de San José y Bodegones.

El delta más reciente del Río Chancay se extiende - más abajo de Pátapo - a lo largo de 39 Kms hacia el Occidente, abarcando una anchura hasta de 33 Kms en dirección N-S. Las diferencias de relieve dentro de los sedimentos aluviales es por lo general de 1 a 3 metros.

Formaciones de arenas movedizas recubren tanto los sedimentos más antiguos como los sedimentos de los acarreo del delta. La dirección predominante del viento para la formación de las dunas antiguas y recientes es de suponer proceda del Sur.

Una capa poco espesa de arenas dunáticas (hasta aprox. 15 cm) recubre casi todos los estratos situados fuera de las superficies de irrigación. Esta capa no está representada en la carta.

Dunas más antiguas pueden distinguirse, por su vegetación más fuerte, de las formaciones de arenas movedizas más recientes. Aquellas alcanzan alturas de hasta 12 m sobre el terreno adyacente. Repetidas veces se puede observar como estas dunas han recubierto regueras de descarga del delta, por lo que se constituyeron aquí cuencas de sedimentación llanas y separadas entre sí.



Se denominan dunas de valle a montículos de 2. 5 m de altura y de 2 a 6 m de diámetro que están formados por arenas movedizas y que se encuentran principalmente en depresiones llanas de valles.

Las formaciones más recientes de dunas (dunas movedizas, barcanas) se extienden por las zonas adyacentes a la costa y a lo largo de los bordes montañosos.

En general se puede decir que las formaciones de dunas en la zona de estudio predominan en las depresiones llanas de valles y que se han formado en áreas de alturas protegidas contra los vientos.

Al Occidente de Yencala, al Norte de San José y entre Pimentel y Santa Rosa se pudo comprobar la existencia de terrazas costeras elevadas o bancos litorales elevados de formación reciente y de una morfología aún reconocible.

Condiciones hidrogeológicas

PETERSEN informa en su literatura (1956) de 2 "stockwerken" bien formados de aguas freáticas, situados dentro de la zona sometida a estudio. En los pozos sondeados en el "stockwerk" superior, entre los 5 y 30 m de profundidad, se indica un rendimiento medio de 20 a 25 l/s. El agua subterránea de este horizonte freático ("stockwerk") debe ser agua infiltrada del valle del Río Chancay y más arriba de La Puntilla. La velocidad de la corriente de aguas subterráneas debe ser de 1 m/h. La cantidad de agua fluvial infiltrada en el agua freática debe alcanzar ya en Carhuaquero los 3, 600 - 5,400 m³/h. Agua de infiltración del Canal Taymi y de los demás canales de regadío alimenta igualmente el agua subterránea. Las pérdidas de agua (por infiltración) del Canal Taymi fueron calculadas en 0. 5 %/Km; en 1949/50 se estimaron, según PETERSEN, pérdidas de agua del orden de 1, 290 m³/h en una longitud de canal de 15 Km. El agua subterránea es aumentada además por aguas de infiltración de las superficies de regadío. El aprovechamiento del horizonte freático superior llegó a ser en 1955 de 47 millones de m³. Un horizonte freático más profundo fue comprobado hasta 1955 sólo en 7 pozos profundos.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



La procedencia del agua a esa profundidad se atribuye a infiltraciones del valle medio del Chancay. En los pozos de Mocopuc se comprobó por primera vez una subdivisión de este "stockwerk" más profundo. Emisario principal para la esorrentía de aguas subterráneas es el Océano. Emisario secundario para la zona meridional es el Río Reque.

SCHOFF & SAYAN (1959) han estudiado detenidamente y en épocas diferentes del año la corriente de aguas subterráneas en el área de la Hacienda Tumán-Calupe, La corriente se dirige - considerando el cambio temporal de curso de las isohipsas - siempre en dirección WSW hacia el Océano; en caso de corriente paralela secundaria, el curso sigue hacia el valle de los Ríos Reque y Lambayeque. Las aguas subterráneas de la zona estudiada son generalmente aguas artesianas, pero en ningún caso llegan hasta una salida libre. El movimiento diario de la napa freática en relación con la presión barométrica es de 2 a 3 m. En las mediciones de nivel efectuadas durante un período de sequía pudo observarse que los rendimientos medios de aprox. 60 bombas de pozos profundos hablan disminuído en un 31 % a los 6 meses de explotación. De acuerdo con un gran experimento de bombeo ("Test" Calupe) y considerando una mayor extracción fue calculada la reducción potencial de la napa freática en un pozo entubado en el área de la Hacienda Calupe. Los resultados de este ensayo sólo se toman para la propia zona de Calupe, a causa de la irregularidad de los sedimentos fluviales. Para un mayor aprovechamiento de las aguas subterráneas en la zona superior de irrigaciones (más arriba de Reque - Pomalca - Picci - Ferreñafe) se recomiendan nuevos ensayos similares de bombeo, con objeto de comprobar la capacidad de rendimiento de los "conductores de aguas subterráneas y con ayuda de los resultados poder regular la capacidad de extracción. Los autores arriba mencionados cuentan a juzgar por los escasos resultados existentes de las perforaciones con aguas subterráneas fuertemente mineralizadas.

3.1. Las exploraciones de aguas subterráneas

En el tiempo que dispusimos para los trabajos, es decir entre Enero y Abril de 1963, no fue posible, a causa de la vasta extensión de la zona de estudio, investigar y medir todos los pozos de aguas subterráneas.

El estudio abarcó una selección representativa de los pozos poco profundos y norias existentes en aquel momento.



En los levantamientos y en la evaluación de las cartas se distinguieron los siguientes tipos de pozos:

Pozos profundos: con el fin de captar aguas subterráneas de pozos perforados y entubados (pozos entubados) a una profundidad de 10 a 200 metros, con diámetros de entubación que varan de 10 a 45 m.

Se llevó a cabo una disposición de filtros en los pozos profundos, generalmente en todos los conductores de aguas subterráneas posibles - a juzgar por las descripciones de perfil incluidos los estratos fino-arenosos, areno-limosos y también arcillosos.

Como filtro se empleó la entubación hendida. Los orificios estampados del filtro tienen diámetros irregulares y de un tamaño que radica entre 0.5 y 3 cm e incluso a veces hasta los 5 cm. Como grava de filtro fueron empleados, casi siempre, rodados de playa sin clasificar con diámetros de aprox. 2 - 10 cm, sin granos finos. Una serie de los pozos profundos quedaron enarenados después de un período de servicio de 1 a 4 años. Estos pozos se encuentran actualmente sin ser explotados.

2.) Sondeos de reconocimiento: Para explorar el subsuelo se realizaron sondeos con entubación de 5 - 12 cm de diámetro, los cuales no son utilizados para la extracción de aguas subterráneas (en parte nuevos reconocimientos durante la investigación).

3.) Pozos poco profundos: Con el fin de extraer aguas subterráneas. Los pozos soportados o revestidos con piedras o anillos de hormigón_ tienen diámetros que oscilan entre los 60 y 400 cm y son de sección redonda o rectangular (profundidad: hasta 15 metros).

4.) Norias: Con objeto de explorar aguas subterráneas se perforaron pozos de sección generalmente rectangular y sin revestimiento.





Estas norias tienen, en la mayoría de los casos, un diámetro (diámetro perforado) de 50 a 300 cm *y* una profundidad de 1 a 15 metros.

Las norias son dispuestas principalmente en las cercanías de colonias o barriadas pequeñas y sobre todo son construidas por agricultores pequeños para aprovisionar de agua a las chacras *y* para abrevar el ganado. Su aprovechamiento es limitado, pues las arenas (frecuentemente arenas finas) superpuestas a los estratos conductores de aguas subterráneas muchas veces se derrumban, ensanchándose el borde superior. Un derrumbamiento semejante sucede frecuentemente al ser utilizados como cisternas durante y después de un periodo de irrigación, es decir después de haberse llenado las norias con agua de irrigación con la consiguiente impermeabilización pasajera frente a los conductores de aguas subterráneas. Al aumentar el ensuciamiento, estas norias son utilizadas generalmente luego sólo como abrevaderos para el ganado. Después, se hacen inutilizables al ir aumentando la evaporación *y* con ello la concentración de sal.

AUTORIDAD NACIONAL DEL A

3.2. Los conductores de aguas subterráneas

Pueden considerarse como conductores de aguas subterráneas todos aquellos sedimentos - con volumen de poros - formados por clásticos gruesos *y* que se encuentren por debajo de la napa freática. En la zona de estudio, éstos quedan constituidos por los cuerpos aluviales signoidales de arenas y gravas, con una estratificación horizontal (llana) que se presentan sobre las diferentes superficies bases - ya tratadas - de los ciclos de sedimentación plio-pleistocénicos. Estos sedimentos no tienen, respecto a su composición granulométrica, una continuidad (véase líneas anteriores) regional constante en el subsuelo de la zona de irrigaciones. Más constantes *y* más dignas de ser consideradas como horizontes-gura petrográficos son las superficies bases de los ciclos sedimentarios, que acusan formación diferente pero que generalmente se extienden a través de trayectos de 10 y más Kilómetros *y* que han de tomarse por conductores constantes de aguas subterráneas (sobre

la estratificación de estas superficies consúltese pág. 21).

Las superficies bases caracterizan estratos locales e hidráulicamente eficaces, que separan cada uno de los conductores de aguas subterráneas *y* que se encuentran en comunicación más o menos estrecha en los cuerpos de aguas freáticas. De esta forma se puede suponer una división más o menos completa de los horizontes freáticos en la zona de aguas subterráneas (compárese pág. 24).

A causa de los factores de inseguridad en la caracterización de los perfiles de perforación más antiguos (véase nota explicativa al pie de la página 21) no es aún posible una correlación detallada de las superficies bases y con ello de los conductores superpuestos de aguas subterráneas extendidos por amplias zonas de la región de regadío. Por esto se aconseja para el estudio de varios conductores de aguas subterráneas, se agrupen éstos provisionalmente en grandes "stockwerke" de aguas freáticas, guiándose por su situación geológica regional y por su profundidad bajo la superficie. Ase se distinguen:

Stockwerk I: cercano a la superficies; en el plano superior de la capa más superficial y en la mayoría de los casos sobre éste. 0.5 - 6.00 m de profundidad.

En más de 800 pozos poco profundos y norias, este stockwerk se aprovecha para aprovisionar a las chacras *y* a las barriadas de agua potable y para los demás usos. Este stockwerk también es aprovechado para abrevar al ganado. Sólo en la minoría de los casos sucede una extracción con el empleo de bombas pequeñas.

Este stockwerk de aguas subterráneas se extiende por toda la zona de irrigaciones, siendo frecuentemente independiente de la estructura estratigráfica del subsuelo. Su rendimiento es en general muy escaso.



Stockwerk II: reúne de 2 a 3 conductores de aguas subterráneas a profundidades de 6 a 30 metros en la zona occidental de irrigaciones. Hacia el Este puede perseguirse este stockwerk por una zona que partiendo de Reque sigue aprox. al Este de Chiclayo hacia Capote y de aquí a través de Huamantanga - Mochunir hasta Túcume. Este stockwerk se ha explorado en la región de Solecape, Morrope y Muy Finca por medio de pozos caseros a profundidades de 6 a 12 metros. Más intensamente es aprovechado en los pozos de la Compañía Perulac en Chiclayo y en pozos de agua potable para Villa y Puerto Eten. Su rendimiento no parece ser generalmente muy importante (no existen datos de medición).

Stockwerk III: Agrupa de 2 a 3 conductores de aguas subterráneas a profundidades que varían de 6 a 30 metros en la zona oriental de irrigaciones, al Este de los límites citados para el stockwerk II.

Este stockwerk es aprovechado intensamente en el área de las Haciendas Pomalca, Tumán y Pucalá, por medio de pozos entubados y pozos profundos a profundidades de 10 a 30 metros. En esta zona existen en total más de 400 pozos profundos. Se nos informa de captaciones individuales que radican entre los 18 y los 900 m³/h.

Stockwerk IV: reúne de 2 a 4 conductores de aguas subterráneas a profundidades de 30 a 70 m en la zona oriental de irrigaciones (límites igual que para III). Las aguas subterráneas de este "stockwerk" se aprovechan en los pozos de las Haciendas Luya, Capote, Mamape y Mocopuc. Se ha explotado también en los pozos de Piropo, Cuyali, Las Lomas, Los Cocos y en el pozo de agua potable de Ferreñafe. En total son aprox. 30 sondeos de exploración y pozos entubados - conocidos por nosotros - los que nos han descubierto los estratos de ese stockwerk de aguas subterráneas. Entre enero y abril sólo aprox. 12 pozos profundos estaban en actividad. Las extracciones de estos pozos deben radicar entre 65 y 325 m³/h.



Otros stockwerke que no pueden definirse más de cerca:

Fuera de las regiones citadas y de las zonas de profundidades de los 4 stockwerke de clara distinción existen otros 18 pozos profundos conocidos por nosotros - principalmente en la zona occidental de irrigaciones - que han descubierto conductores de aguas freáticas a profundidades de 30 a 90 m. A causa de las descripciones disponibles de los estratos no fue posible una agrupación de estos conductores de aguas freáticas a los stockwerke definidos más arriba. De los 4 pozos que están en explotación en esa zona se han extraído caudales de 250 a 400 m³/hora.

Para todos los conductores de aguas subterráneas de los diferentes stockwerke rige la regla general que dice: La composición granulométrica más favorable de los sedimentos se encuentra en el área que bordea la salida del Río Chancay de la montaña. La regla continua aseverando que en dirección NW y W se observan inclusiones de clásticos finos hasta sedimentos peléticos que van en aumento. Esta intercalación de sedimentos finos y gruesos varía en su constitución local y es diferente de estrato a estrato. De esta forma, depósitos de clásticos gruesos vetean en el stockwerk correspondiente los sedimentos de material fino, fenómeno éste que se extiende considerablemente más allá de la desembocadura del Río Chancay en la cuenca. Depósitos de material remarcablemente grueso e importantes para la captación de aguas subterráneas se encuentran, por ejemplo, en el stockwerk III, tanto partiendo de Tután - Calupe hacia el Occidente y hasta la región de la Hacienda Pomalca como también hacia NO y hasta el área de Capote. En el stockwerk IV se comprueba un depósito semejante de clásticos gruesos que se extiende de Pátapo hacia el NO y a través de Luya y Capote hasta en la zona al Sur de Ferreñafe.



En el Occidente de la zona de irrigaciones *y* más concretamente en el área del stockwerk II se manifiestan localmente conductores de aguas de mucho rendimiento, los cuales no quedan claramente definidos en los perfiles existentes de pozos profundos. Su persecución minuciosa por medio de reconocimientos regionales *y* nuevas exploraciones en zonas más profundas parecen ser de un interés práctico.

La corriente de aguas subterráneas (Anexo 2)

El emisario principal para toda la región de regado de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo es el Océano Pacífico en el Occidente y SO respectivamente de la zona. Sólo en zonas limitadas resultan eficaces como emisarios locales los cortes de los cursos de los Ríos Reque, Lambayeque y La Leche (PETERSEN, 1956, SCHOFF & SAYAN, 1959).

Las mediciones de nivel para la carta de las isohipsas se realizaron en el periodo de febrero a abril de 1963. En esta época de irrigaciones, con una sequía extrema, se ha encontrado una napa freática extraordinariamente baja. En mediciones repetidas en los mismos pozos y en épocas distintas frecuentemente después de la irrigación de los campos vecinos se ha tomado siempre para la carta la napa freática más reducida.

En la carta de isohipsas se representó siempre el nivel mayor de aguas freáticas comprobado. En la región de Morrope Muy Finca, este nivel de aguas freáticas no se halla en el stockwerk I sino en un conductor de aguas subterráneas más elevado del stockwerk II. En los areales al Occidente y más abajo del Canal Taymi afloran diversos conductores de aguas subterráneas entremezclados con rodados y formaciones de derrubios de ladera de los bordes de montañas adyacentes. Sobre estos estratos se halla una capa poco potente de arenas movedizas. El nivel de aguas freáticas se encuentra aquí sobre o en los "stockwerke" I, III y IV. En el escaso tiempo que tuvimos a disposición para



los levantamientos geológicos no nos fue posible poder determinar la continuidad de cada una de las unidades estratigráficas al nivel de la napa freática.

Lo fundamental para el estudio de las isohipsas comprendidas en la zona de irrigaciones fue comprobar que la napa freática de los pozos se ajusta - independientemente de la profundidad de los conductores de aguas subterráneas explorados - a la misma altura que corresponde al conjunto. En una parte de los pozos abiertos en horizontes freáticos II y III se pudo comprobar - con seguridad - agua subterránea artesiana, cuyo nivel ascendió de 4.5 a 12 metros después de atravesar la capa superpuesta al conductor de aguas subterráneas. De acuerdo con los ensayos de bombeo se pueden suponer también para el horizonte freático IV y en la zona occidental de irrigaciones aguas subterráneas artesianas que en algunos lugares se elevan a más de 30 metros. No queda descartada una salida de aguas artesianas de los conductores más profundos de aguas freáticas al horizonte de aguas subterráneas I.

De la carta de isohipsas elaborada a base de los documentos disponibles y de los levantamientos efectuados se puede deducir lo siguiente:

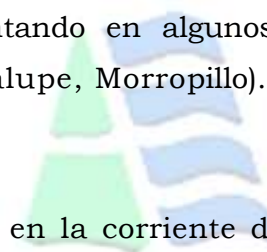
- 1.) El curso del Río Reque es emisario principal para la zona del valle del Chancay que se angosta en dirección Este más arriba de Pátapo. Tanto las aguas del Canal Taymi como las del Río (Canal) Lambayeque se infiltran en los horizontes freáticos I y III (área de Pucalá - Tulipe - La Cría). La corriente de aguas subterráneas se dirige aquí hacia el Occidente y SO respectivamente.



La corriente de aguas subterráneas cambia su curso de SW, saliendo de la cuenca del Chancay medio, hacia el Norte en dirección al Río Reque que hace de emisario. Este cambio sucede en el área de la Hacienda Pampa Grande, en el litoral meridional del Río Chancay-Reque y en su mayor parte más arriba del sistema de distribución de aguas La Puntilla. El excesivo declive en dirección al Río Reque y sobre todo al Norte de Pacherez se le considera como rebosadero de aguas subterráneas sobre o en un estrato de difícil permeabilidad.

- 2.) En la zona donde el valle se ensancha hacia el Oeste, es decir al Oeste de Pátapo, discurre la corriente de aguas subterráneas generalmente hacia el Oeste en dirección al Océano que hace de emisario. El curso del Río Reque toma las funciones de emisario sólo para los areales de una importancia secundaria en el Sur. El Río (Canal) Lambayeque capta, en menor grado, aguas subterráneas alimentando en algunos tramos de su recorrido los horizontes freáticos I y III (Tumán - Calupe, Morropillo).

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



El Canal Taymi ejerce en todo su recorrido una influencia decisiva en la corriente de aguas subterráneas. Se puede reconocer claramente por lo menos en las inmediaciones más cercanas como el canal viene alimentando las capas acuíferas subterráneas.

El curso, relativamente regular, de las isohipsas fuera de los grandes conos de reducción de Tumán, Pomalca, Luya y Chiclayo queda influenciado localmente por niveles algo elevados regionalmente. Estos puede ser que se deban en parte a irrigaciones locales o tal vez que aparezcan relativamente elevados entre zonas con una napa freática más baja. Estas zonas más profundas corresponden en parte a zonas del valle y a regueras de



descarga en los acarreos recientes del delta del Río Chancay (por ejemplo: zona Capote - Huamantanga).

Una pendiente más pronunciada de la napa freática al SO y S de Mamape se ha adoptado sumamente aquí al declive de un mayor cono de deyección de una formación clara al pie de la montaña. Los escasos cambios locales de la inclinación de la pendiente del nivel freático, los cuales se repiten varias veces de E a O, son determinados posiblemente por afloraciones de los estratos bases de diversos conductores de aguas subterráneas (compárese

- 3) Aprox, en el límite entre Valle Viejo (zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Ferreñafe) y Valle Nuevo (zona de irrigaciones de Mochumi - Túcume - Illimo - Muy Finca - Morrope) transcurre una zona del nivel freático más inferior, que se extiende desde la región al NO de Pitipo hacia SW y W hasta Yencala. Esta zona forma límite entre las isohipsas del Sur que corren aprox. hacia el N-S y aquellas otras situadas al N hasta NW de esta zona circulando generalmente en sentido NW-SE. Cerca de este límite en forma de cascada se encuentra posiblemente la zona de superposición de aguas subterráneas del Río Chancay y Canal Taymi respectivamente así como del Río La Leche y Río Jayanca (Morrope) respectivamente. Las isohipsas que transcurren en dirección NW-SE recubren aquí probablemente el cono de deyección del Río La Leche delante del borde montañoso.

3.4. Composición química de las aguas subterráneas

PETERSEN (1956) informa, respecto a la composición química de las aguas subterráneas, que los contenidos de SO_4 , Cl y Na aumentan de forma constante de Pátapo hasta Pomalca. Al Occidente de esta región se comprueba un aumento repentino y fuerte en las aguas de los pozos Perulac en Chiclayo. Los valores de análisis comunicados por PETERSEN han sido tomados como base para el presente estudio.



SCHOFF & SAYAN (1959) han evaluado 10 análisis completos de aguas subterráneas del valle de Lambayeque. Sin embargo, en la copia que se nos envió faltaban los análisis individuales. Del texto se desprende la dispersión de los valores comprobados:

SiO ₂	8	-	41	
Fe	0.01	-	0.2	
Ca	57	-	118	
Mg	5.6	-	28	
Na	10	-	396	
K	0.4	-	0.8	
HCO ₃	173		522	
SO	16		250	
Cl	7.2	-	18	más arriba de Tumán
	190	-	299	en Chiclayo
			0.2	(sólo de 2 análisis)
	0.1	-	8.1	
			0.16	(sólo de 2 análisis)
pH	7.0	-	8.6	
dureza	120	-	307	mg/l agua más blanda de Chiclayo
temperatura	23.9	-	28	30° C

A estos resúmenes de resultados de análisis se ha de añadir que en los puntos donde se han tomado las pruebas sólo está incluida una pequeña parte de la zona de irrigaciones. Las pruebas se han tomado -casi sin excepción (menos las de Chiclayo) - en zonas situadas aguas arriba de Pomalca.

En el nuevo estudio se extrajeron más de 400 pruebas de aguas freáticas de lugares extendidos regularmente por toda la zona. De estas pruebas se hicieron ensayos breves durante los trabajos de campo para determinar la dureza total, dureza de carbonatos y contenido de cloruro (+).

(+) Dureza total: determinación por titración (valorización volumétrica) con solución titriplex, indicador: Ericromo negro
 Dureza de carbonato: determinación por titración con n/lo ácido clorUdrico, indicador: anaranjado de metilo titración con n/35. 5
 Contenido de cloruro: solución de nitrato de plata, indicador: cromo potásico

El instrumental químico pudo ser instalado gracias al apoyo especial que se nos prestó en el laboratorio de la Hacienda Tumán. por lo cual he aquí una vez más nuestro más profundo



Además hemos tomado II pruebas más para análisis químicos completos, habiéndolas enviado al Ministerio de Fomento en Lima para su ensayo.

La evaluación de los análisis químicos breves ha quedado reflejada en el anexo 3 y se ha vuelto a recopilar en las tablas 3 - 7.

Son dignos de destacar los siguientes rasgos fundamentales de los resultados:

- 1.) Las aguas superficiales del Río Chancay (compárese tabla 3) entran en la zona de irrigaciones con el carácter de aguas blandas *y* aprox. 5 - 7^o dHG+, aprox. 9^o dHK y 8 - 15 mg/1 Cl'. En el borde occidental de la zona, el agua contiene cerca de Yencala León 8.4^o dHG, 9^o dHK y 23 mg/1 Cl' después de un recorrido de 60 Km a través de campos de cultivo. El agua absorbe sustancias minerales en proporciones muy escasas. Este resultado se ve confirmado por el ensayo de caudal restante en el canal de irrigación en la región de Bodegones.

Las aguas del Río Reque han de ser consideradas en su mayor parte como provenientes de aguas subterráneas de infiltraciones de irrigación, puesto que en épocas de estiaje se derivan todas las aguas superficiales del Río Chancay a los canales de regadío.

Las aguas blandas y dulces del Río Chancay influyen en sumo grado la composición química de aguas subterráneas especialmente en el plano del Stockwerk I cercano a la superficie. Este fenómeno sucede en toda la zona *y* sobre todo en las inmediaciones de los canales principales.

- 2.) En la tabla 4 se recopilaron los resultados de los análisis de aguas subterráneas de los horizontes freáticos (stockwerke) I y III de la cuenca del Río Reque.

+ dHG = grado alemán de dureza.

1 dHG = 10 mg de óxido de calcio (CaO) o también 7.14 mg de óxido de magnesio (MgO) contenidos en 1 litro de agua



El agua subterránea en los pozos de Pampa Grande en el curso superior del Río Reque contiene más sustancias minerales disueltas que el agua de irrigaciones del Río Chancay y las aguas freáticas captadas en el área de las Haciendas Pucalá, Tumán y Pomalca. La corriente de aguas subterráneas en la zona de Pampa Grande procede muy probablemente de la cuenca del curso medio del Río Chancay. Este agua contiene en promedio - según 7 pruebas realizadas - 14^o dHG, 19^o dHK y 35 mg/1 Cl'.

Tanto las aguas subterráneas del pozo No. 26 de Pucalá -como también las aguas freáticas de los pozos de Saltur han de ser atribuidas probablemente a juzgar por su composición química a la misma corriente de aguas subterráneas.

Las aguas freáticas superiores en el área de los valles del curso inferior del Río Reque, (stockwerk I en la zona Reque - Eten) corresponde casi exactamente en su composición química al caudal superficial del Río Reque que procede de aguas subterráneas.

- 3.) Entre el Río (Canal) Lambayeque y el Río Reque (compárese tabla 5), las Haciendas Pucalá, Tumán y Pomalca captan aguas subterráneas de varios centenares de pozos profundos (con profundidades de 10 a 30 metros) y principalmente de un conductor de aguas freáticas - localmente artesianas - del stockwerk III a una profundidad de 10 a 20 metros. Tanto las durezas como los contenidos de Cl' aumentan en sus valores medios en dirección E a W. Este aumento es de 11^o a 14^o dHG, de 20^o a 25^o dHK y de 11 a 33 mg/1 Cl'. Estas aguas son evidentemente más blandas y más dulces que las mencionadas de Pampa Grande, las cuales proceden del valle medio del Chancay. El caudal de aguas subterráneas captadas en la región de Pucalá - Tumán - Pomalca es muy posible que no provenga de la corriente de aguas subterráneas infiltradas de los canales de irrigaciones y sobre todo del Río (Canal)



Lambayeque y del Canal Taymi. Una limitación de este resultado sólo cabe para el área de los pozos SE de la Hacienda Calupe, donde contenidos algo elevados de Cl' hacen alusión a una mezcla de esas aguas infiltradas con aguas subterráneas más profundas bajo el Río Reque.

El stockwerk I de aguas freáticas - cercano a la superficie -explorado en los pozos poco profundos y norias de la zona de la Hacienda Pomalca, (compárese tabla 5), contiene en general agua algo más dura y más salina que las aguas captadas de los pozos profundos. Esa concentración de sales se debe posiblemente a deslavados de las salificaciones superficiales por aguas de infiltración.

Más al Occidente, las durezas de las aguas subterráneas aumentan levemente, elevándose sin embargo fuertemente el contenido de Cl** en un trayecto relativamente corto. Los 3 pozos profundos en explotación de la Empresa Perulac en Chiclayo captan aguas del horizonte freático II con 200 - 700 mg/1 de Cl'. En pozos no bombeados de las proximidades inmediatas de Chiclayo pudieron comprobarse contenidos de Cl' de hasta 1,770 mg/1.

Los pozos poco profundos en la zona SW de Chiclayo (Chacupe hasta Monsefú) contienen aguas del horizonte freático I con una dispersión extraordinariamente fuerte de los valores. Las durezas totales radican entre 6 y 80^o dHG (promedio de 22 pruebas: 200 dHG), los contenidos de Cl' entre 69 y 2,200 mg/1 (promedio de 22 pruebas = 496 mg/1). El cambio brusco entre los valores máximos y bajos puede ser comprobado en pozos del mismo horizonte freático a distancias cortas. En Monsefú - San Sebastián



se reconocieron, por ejemplo, 2 norias separadas a 150 m de distancia una de la otra, comprobándose que los contenidos de Cl' fueron de 70 mg/l en uno de los casos y de 2, 200 mg/l en el otro. En Chacupe, la distancia entre 2 pozos revestidos fue de 230 metros; los contenidos de Cl' radicaron entre los 260 y los 2, 100 mg/l.

Este fenómeno que también se pudo comprobar en otros muchos casos en la zona de irrigaciones encuentra su explicación en una superposición de las aguas subterráneas aquí salificadas del stockwerk I por aguas locales dulces de infiltración procedentes de irrigaciones. Estas aguas dulces se presentan en un conductor de aguas freáticas de permeabilidad relativamente difícil.

A partir de Pomalca y en dirección NW se puede observar en principio como las aguas subterráneas cercanas a la superficie - horizonte freático I - ya a pocos Kms al Norte del Ingenio Pomalca acusan mayores contenidos de sal que al Sur de este lugar. A continuación y en dirección WNW, es decir al Occidente y SO de Lambayeque, se comprueba que las aguas subterráneas en pozos poco profundos y norias contienen de 86 a 500 mg/l Cl' con durezas que se mantienen casi constantes. Los contenidos de sal en esta cuenca natural del Río Lambayeque son, por lo tanto, más bajos que en zona semejante - a juzgar por la distancia - situada más al Sur.

En contraposición a estos resultados para las aguas freáticas cercanas a la superficie se tiene que tanto la dureza total como los contenidos de Cl' de aguas de pozos profundos en el stockwerk II de esta zona de estudio son (con 990 - 5,900 mg/l) considerablemente más elevados que en la región de Chacupe.



Esta comprobación se deberá a diferencias en la permeabilidad de los conductores de aguas subterráneas de los diferentes horizontes freáticos. Los rendimientos de captación de los pozos profundos son - a juzgar por los datos disponibles - considerablemente más elevados en la región de Chacupe que en el área O y SO de Lambayeque. Por el contrario y de acuerdo con los levantamientos geológicos, la permeabilidad de los estratos superiores es mayor en la cuenca natural del Río Lambayeque que en la zona de Chacupe al pie de la terraza elevada del Pleistoceno Antiguo.

- 4.) En la zona situada entre el Canal Taymi y el Río (Canal) Lambayeque se encuentran condiciones similares a las del área entre Río Lambayeque y Río Reque para los horizontes freáticos I y IH (compárese tabla 6).

En los pozos profundos entre La Cría - Pátapo y los pozos septentrionales de la Hacienda Tumán aumenta, en las aguas del stockwerk III, el contenido de Cl' de 22 a 27 mg/l en dirección W, permaneciendo casi constante la dureza total. La gran coincidencia de esos valores del análisis con los de la zona Púcala - Tumán/Calupe nos permite suponer también aquí, una alimentación de las aguas subterráneas profundas por medio de aguas superficiales infiltradas, en este caso procedentes del Canal Taymi.

En los pozos poco profundos (stockwerk I) al Norte de Tumán, el contenido de Cl' es de 64 mg/l, semejante a las condiciones de Pomalca y evidentemente más elevado que en los pozos profundos de la misma zona.

En el área de Luya y San Miguel - Mamape se capta el agua subterránea profunda de pozos con profundidades de 40 - 80 m (stockwerk IV).



Tanto las durezas como los contenidos de cloruros son muy similares en sus proporciones a los de las aguas subterráneas de Pátapo - Tumán - Pucalá (a 10 - 20 m de profundidad), por lo que también aquí es de suponer que esto se debe a aguas infiltradas del Canal Taymi. Esta suposición se ve confirmada al comprobar que los estratos bases de aguas subterráneas al pie de la montaña, entre Pátapo y Tres Tomas se elevan más considerablemente en dirección NE que en todo el resto de la zona de irrigaciones, aflorando en ángulo agudo hacia la superficie bajo una capa de arenas movedizas (véase pág. 25). De esta forma y a juzgar por los levantamientos geológicos es probable una infiltración de aguas del Canal Taymi en los conductores más profundos de aguas subterráneas del stockwerk IV. Al mismo tiempo ha de hacerse notar con esto que los conductores de aguas subterráneas del stockwerk III no son muy rentables en agua, a pesar de existir en esta zona facies petrográficas de formación ventajosa. Su cuenca de recepción queda recortada en sumo grado a causa de las aguas de infiltración del Canal Taymi que llegan hasta los conductores más profundos de aguas subterráneas.

En la zona de San Miguel - Mamape llama la atención la existencia de aguas subterráneas cercanas a la superficie, fuertemente salificadas, a pocos Kms de los bordes montañosos. Los contenidos de Cl' oscilan aquí entre 15 y 840 mg/l.

Al NO de esta zona inmediata al Canal Taymi que la sirve de aportados de aguas subterráneas y concretamente en el área de Ferreñafe - Las Lomas - Huamantanga se observa un aumento muy fuerte de Cl', elevándose sólo en proporciones limitadas los valores de durezas. En pozos profundos estos valores radicaban entre 30 y 410 mg/l; en pozos poco profundos y norias fueron, por el contrario, de 33 a 8,800 mg/l Cl'.



Más al NO, es decir en el área de Muy Finca, la dureza total y el contenido de Cl^- son extraordinariamente elevados. Los valores de Cl^- en los pozos profundos varían entre 430 y 6,500 mg/l, y en los pozos poco profundos y norias entre 18 y 10,000 mg/l. Las aguas extremadamente dulces en algunos lugares de pozos poco profundos pueden atribuirse a aguas de infiltración procedentes de canales vecinos y de superficies de regadío.

- 5.) En la parte más septentrional de la zona de irrigaciones (compárese tabla 7) y más concretamente en los conos de deyección de los Ríos La Leche y Jayanca (Morrope), los valores medios de los contenidos de cloruro muestran un aumento continuo de E a W, al igual que en las regiones antes mencionadas. Este aumento no es tan elevado aquí - zona de afluencia de dos Ríos - como en las zonas alejadas de los bordes de la sierra, al Sur de este lugar. Sorprendente es el hecho de que la dureza total en las pruebas efectuadas en las inmediaciones de Morrope, es decir en la zona de afluencia de las aguas subterráneas del Río Jayanca, acusa valores más inferiores que en todo el resto de la zona de irrigaciones.

Recopilando pueden darse las siguientes comprobaciones hechas sobre las durezas y los contenidos de Cl^- :

La dureza total ((Ca, Mg) O) aumenta generalmente de Este a Oeste, es decir, con la corriente del agua subterránea. El agua de regadío, relativamente blanda, del Río Chancay se endurece por solución de CaO y MgO respectivamente en la corriente de aguas subterráneas.

En la parte occidental de la zona de irrigaciones se observa frecuentemente una dureza total algo más reducida en comparación con los valores máximos de la zona central de superficies cultivadas. Esta comprobación ha sido hecha ya por SCHOFF & SAYAN (1959) habiéndola atribuido al resultado de un intercambio de bases.



Las durezas en carbonatos indican en principio un aumento hacia Occidente en la parte oriental de la zona de irrigaciones. En la parte central y occidental de la zona de irrigaciones permanecen los valores medios dentro de unos límites relativamente estrechos. Los valores comprobados en las aguas subterráneas son en todo caso más elevados que los de las aguas superficiales del Río Chancas (Canal Taymi, Río Lambayeque).

Además se comprueba que las durezas en carbonatos son frecuentemente en contraposición a las aguas superficiales - mayores que las durezas totales correspondientes. De aquí se desprende que una parte del HCO_3^- tiene que estar unida a aniones distintos a Ca o Mg. Es muy posible la existencia de una combinación con sodio.

Los contenidos de cloruro aumentan generalmente de Este a Oeste, siendo siempre más elevados para el stockwerk I de aguas subterráneas cercanas a la superficie en la parte oriental y central de la zona de irrigaciones que los valores de horizontes freáticos más profundos. En la mayor parte de los contenidos de sales de aguas subterráneas cercanas a la superficie es de suponer una nueva disolución de sales procedentes del espacio capilar. Estos contenidos de sales pueden volver a acusar su presencia más al Oeste y en proporciones mayores con la corriente de estas aguas freáticas en los conductores de aguas subterráneas con buzamiento hacia el Oeste, y también en las aguas subterráneas profundas. La salificación de aguas subterráneas en la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo se atribuye por lo tanto a infiltraciones de aguas superficiales salificadas.

Por los análisis de pruebas de aguas subterráneas de nuestros reconocimientos que fueron amablemente ejecutados por la Facultad de Ingeniería Sanitaria en Lima por encargo del Ministerio de Fomento, pueden verse - además de los datos ya mencionados - las siguientes tendencias notables de la composición química de estas aguas:



En las zonas de afluencia inmediatas, tanto del Río Chancay y sus canales como de los Ríos La Leche y Jayanca, predominan aguas hidrocarbonatadas alcalino-calcáreas. Desde la parte más oriental de estas cuencas afluentes y desde las áreas más septentrionales de la zona de irrigaciones en dirección SO y O respectivamente sucede enseguida un aumento de los contenidos de alcalinos y sulfatos así como también de los cloruros, empezando éstos últimos a aumentar lentamente para hacerlo después súbitamente hacia el Occidente. En la parte occidental de la zona de irrigaciones, es decir entre Pimentel y Mochumí se encuentran en su mayor parte aguas cloruro-alcalinas con proporciones menores de cal-alcalina y sulfatos; la participación de hidrocarbonatos se presenta - considerados éstos en sus valores absolutos en la misma proporción que en la parte oriental de la zona de irrigaciones y haciendo una comparación relativa se comprueba que disminuyen fuertemente frente a cloruros y sulfatos.

Basándose en nuestras investigaciones (estado en el período de Enero a Abril 1963) y resumiendo se pueden hacer las siguientes conclusiones sobre la distribución o propagación de las aguas subterráneas salificadas: Los valores caracterizan un período de sequía extremada y con ello contenidos sumamente elevados de sal en las aguas subterráneas.

Caudales de aguas subterráneas que suministran aguas dulces y por lo tanto buenas para el regadío (menos de 100 mg/l Cl⁻) circulan por las zonas de irrigaciones de Pampa Grande - Pucalá - Luya - Tumán y Pomalca. Fuera de este área, éstos se comprueban también en las cuencas del Río La Leche, Canal Taymi, Río (Canal) Lambayeque y Río Reque. El límite occidental de la continuidad de aguas subterráneas dulces fuera de las cuencas directas en los amplios valles discurre desde Reque hacia el Norte y a través de Chiclayo/Cruz de Guerra hasta Capote; desde



aquí continua en dirección Este hasta casi San Miguel, después hacia el Norte hasta 1 Km al Sur de Mamape y luego a través de Ferreñafe hacia N/ NNW, siempre a una distancia de 2 - 3 Km más abajo y paralelamente al Canal Taymi. Fuera de las zonas de infiltración de los ríos y canales principales se pudieron comprobar zonas con predominio de aguas subterráneas dulces a partir del Río Lambayeque, 2 Kms al SE de Lambayeque, hacia el Sur y hasta las alturas de Chiclayo así como también desde el NO de Ferreñafe hasta Pto. IV en la Carretera Panamericana. No se pudo distinguir a simple vista si estas aguas subterráneas dulces que aparecen en zonas con salificaciones superficiales extendidas se deben a infiltración paralela a irrigaciones o a caudales de aguas dulces infiltrados de canales principales de irrigación.

Aguas subterráneas fuertemente salificadas (con contenidos de más de 250 mg/1 Cl') se encuentran generalmente al Occidente del límite arriba mencionado. Estas cubren toda la continuidad de la terraza elevada (con sedimentos del Plio-pleistoceno) y llegan en ramificaciones digitiformes a los sedimentos de los acarreo recientes del delta continuando hacia el E y NE respectivamente. Tales zonas con elevada salinidad de las aguas subterráneas entre áreas de aguas freáticas dulces pudieron ser localizadas desde Monsefú hasta al Este de Chiclayo; de Lambayeque /Mocce hacia el Este pasando por Mamape o hasta Ferreñafe y de Muy Finca hacia el Norte hasta Mochumi.

Las tablas 8 - 10 dan información sobre el grado de salificación dentro de los conductores de aguas subterráneas, es decir, sobre la estratificación acuífera de aguas subterráneas y cambios del contenido de Cl' en las aportaciones de aguas subterráneas en caso de captaciones de éstas últimas.



Reconocimientos sobre la estratificación en aguas subterráneas sólo pudieron ser realizados en pozos entubados más profundos. En estos pozos profundos se infiltran todas las aguas subterráneas de los conductores explorados, no siéndonos conocido ningún caso en que algún conductor determinado fuera impermeable.

En las perforaciones exploradas se pudieron identificar estratificaciones que en la mayoría de los casos se presentan bien definidas o por lo menos ligeramente pronunciadas (compárese tabla 8 y tabla 9). Los testigos extraídos de profundidades mayores contenían en general una más elevada concentración de Cl' que los testigos de profundidades menores.

Como resultados de las investigaciones sobre cambios de los contenidos de Cl' en las aportaciones de aguas subterráneas - caso de captación - se obtuvieron los siguientes:

- 1.) En los ensayos de bombeo en pozos de exploración a 100 m de profundidad (ejecutados por el Ministerio de Fomento) (tabla 9) pudieron reducirse los contenidos de sal en el transcurso de 70 horas a un 30 - 60 % de la concentración primitiva.
- 2.) En los ensayos de bombeo + realizados por nosotros con el mismo fin durante nuestros trabajos de estudio se pudo comprobar una reducción del contenido de Cl' sólo en un número determinado de pozos (sondeos I, II, V, VIII).

Para los diámetros sumamente pequeños de esos sondeos (5 o 7.5 cm) sólo dispusimos de la pequeña bomba de inyección del aparato de sondeo, con un rendimiento de aprox. 1/4 l/s. Por esto sólo pudieron obtenerse resultados cualitativos, no siendo posible el cálculo de valores cuantitativos.
La profundidad de los sondeos fue de 15 a 20 m.



- 3.) Los sondeos IV y V tuvieron lugar en valles con aguas subterráneas cercanas a la superficie o respectivamente corrientes de aguas infiltradas. Tanto en estas perforaciones como también en sondeo III se bombearon - al principio de los ensayos - estratos lenticulares de aguas dulces cercanas a la superficie y situados sobre capas de aguas subterráneas salificadas. Estas últimas fueron asimismo extra das por aspiración. Después de un duradero y constante bombeo empiezan a disminuir los contenidos de Cl' como en los casos 1) y 2) (sondeo V).
- 4.) A juzgar por las identificaciones hechas se puede decir que el grado de disminución del contenido de sal en la captación de aguas subterráneas profundas depende principalmente de la posibilidad de que puedan afluir aguas subterráneas dulces a los pozos de explotación, con otras palabras de la estructura y extensión del conductor de aguas subterráneas correspondiente y su cuenca de aportación.

3.5. Curvas (topográficas) de nivel y zonas de crustificaciones y manchas de sal

Para el diseño de una carta de curvas de nivel se tomaron datos medidos en el periodo de Enero a Abril de 1963. La representación abarca una época característica de estiaje en la cual el regado sólo tuvo lugar en algunas de las subcuencas de la zona. En la carta han sido representadas isohipsas de 6 m, 2. 5 m y 1. 25 m. Determinante fue siempre la napa freática más elevada de nuestras mediciones.

La isohipsa de 6 m delimita claramente las partes bordeantes de la zona estudiada a partir de la propia zona de irrigaciones: La mencionada isohipsa transcurre por el NO y O respectivamente de Sasape y aprox. en dirección Sur a través de Yencala - León hasta la costa.



Este límite transcurre sólo a pocos Kms siempre al Este de la gran continuidad de la terraza elevada constituida por estratos plio-pleistocénicos. En el valle NE, la isohipsa sigue el borde montañoso y se deja perseguir desde Co. Pitipo hasta más allá de Pátapo. De aquí se interna en la zona de las terrazas septentrionales del Río Lambayeque y del Canal Taymi continuando hacia el Este. En el Sur y SO respectivamente sigue la isohipsa el borde meridional de la montaña o las terrazas meridionales del Río Reque respectivamente a través de una gran distancia.

La isohipsa de 2.5 m fue representada porque aprox. hasta esa curva de nivel existe el mayor peligro de que el agua subterránea quede expuesta por su volumen de poros a una directa evaporación, según la naturaleza local del terreno y la intensidad de regadío. Las bandas de capilaridad observadas durante los reconocimientos se elevaron generalmente sólo 0.60 - 0.80 m y como máximo poco más de 1 m sobre el nivel freático correspondiente. Sin embargo se ha de tener en cuenta que en irrigaciones locales se observó un aumento - también local - del nivel freático hasta más de 1.2 m, por lo que así queda dado el peligro de una evaporación directa.

En el período de observación esta isohipsa de 2.5 m transcurrió desuniformemente y en múltiples casos ramificada. No obstante abarca prácticamente toda la zona irrigada de Chiclayo - Lambayeque - Ferreñafe hasta al Norte de Pitipo y al Este de Pátapo. La isohipsa sigue en el Occidente el límite de continuidad de la terraza elevada de estratos plio-pleistocénicos al Occidente de Lambayeque - Chiclayo - Monsefú adentrándose en las antiguas regueras de descarga y ramificándose varias veces de manera digitiforme. En el Sur y SO respectivamente sigue ésta el curso del Río Reque y en el NE transcurre a partir de Pátapo en dirección NW hacia el Río Taymi y hasta cerca del Co. Pitipo.



El límite NO abarca, en una curva concava, desde Co. Túcume hacia el SE las regiones de Mochumí, Muy Finca, Sialupe, Huamantanga y Chalupito hasta Yencala.

La isohipsa de 1. 25 m caracteriza valles y regueras de descarga dentro del delta del Río Chancay.

En la carta de curvas de niveles fueron registrados los areales de salificaciones reconocibles superficialmente fuera de las superficies de irrigación. Estas son las manchas de sal que saltan a la vista por su higroscopicidad - principalmente en suelos arenosos y sedimentos - y las incrustaciones de sal.

Las salificaciones superficiales aparecen principalmente al Occidente de Pátapo, estando irregularmente repartidas por todo el cono de deyección del Río Chancay. Su presencia se pudo localizar esencialmente en la zona de las terrazas de cuencas recientes y en el área de afloraciones de los sedimentos plio-pleistocénicos. Las formaciones de manchas e incrustaciones de sal disminuyen fuertemente a partir de estos centros de continuidad tanto hacia las cuencas y subcuencas en las que tiene lugar una mayor corriente de aguas subterráneas como hacia superficies en cultivo que son irrigadas intensamente.

La continuidad de manchas e incrustaciones de sal se hace notar principalmente en casi todas las superficies no irrigables formadas por el delta del Chancay. En las zonas situadas al Norte y Noroeste de aquí, esta continuidad es menos clara, por estar recubiertos la mayoría de los areales, fuera de los campos de cultivo, de una capa espesa de arenas movedizas.

Esta delimitación tuvo lugar en vista del estudio edafológico realizado al mismo tiempo.



Se puede comprobar con seguridad que el mayor peligro de salificación, tanto de suelos como de aguas subterráneas, existe en zonas de un nivel hasta los 2.5 m. Por lo tanto, las salificaciones de la superficie han de atribuirse, con suma probabilidad, a la evaporación de agua capilar.

La distribución regional de las fuertes salificaciones superficiales se extiende, sin embargo, por vastas zonas en el Occidente y NO de la zona de irrigaciones atravesando la isohipsa de 2.5 m y acusando su presencia también en el área de Muy Finca y Morrope, en aquellas zonas donde fue comprobado un nivel freático de más de 6 metros (hasta 12 m) bajo la superficie. En el periodo extremadamente pobre en aguas, de Enero a Abril, se comprobó el nivel freático de estas zonas a partir de un estrato base de aguas subterráneas situado de 3 a 8 m de profundidad. Sobre un estrato base similar reposa, más al Este, el horizonte freático I cercano a la superficie, que es alimentado con aguas de infiltración de las irrigaciones y es causa de las salificaciones superficiales debido al agua capilar. Es de suponer que este horizonte freático superior contando con aportación de aguas de regado, esté extendido y lo seguirá estando en esta zona, es decir siempre que se cuente con un regadío intenso de las áreas de Muy Finca y Morrope, siendo motivo en tales periodos de las salificaciones superficiales por evaporación del agua capilar.

En las típicas salificaciones superficiales, que se identifican en forma de manchas higroscópicas de sal en sedimentos arenosos, se ha comprobado por un análisis químico lo siguiente:



(Prueba B) +

Ca	1.19 %	Cl	4.15 %
Mg	0.14	SO ₄	0.04
Na	1.12		
K	0.08		

"La higroscopicidad es motivada por CaCl₂".

Con objeto de obtener datos seguros sobre posibles salificaciones de otros sedimentos - probablemente saliníferos - se analizaron

3 pruebas extraídas de concreciones terrosas o de planos de estratos y agrietamientos en sedimentos arcillosos y fino-arenosos de los estratos bases de aguas subterráneas.

Prueba A 3 Kms. al Norte de Monsefú
concreciones con sal gema en los espacios de poros,
superficie

Prueba C 1 Km al Sur de Reque
concreciones y material de planos de estratificación
y agrietamientos a 1 - 2 m de profundidad

Prueba D 1 Km al Sur de Reque
areniscas calcáreas a 4 - 6 m de profundidad;
análisis del aglomerante

Prueba:	A	C	D
SiO ₂	17.5		
Al ₂ O ₃	4.34		
Fe ₂ O ₃	1.24		
MnO	0.25		
TiO ₂	0.15		
CaO	39.6	41.0	1.58
MgO	1.46	0.96	1.93
CO ₂	30.6	32.2	0.64
Na	0.21	0.21	0.24
K	.01	0.005	0.005
Cl	0.67	0.28	0.02
SO ₄	0.27	0.16	0.06

Análisis químicos del Dr. GUNDLACH,
Bundesanstalt für Bodenforschung (Instituto Federal de Investigación de Suelo), Hannover



Aclaración para prueba A: "Se trata predominantemente de cal con contenido leve de Mg, impurificada con aprox. un 12 % de minerales arcillosos y cerca de un 12 % de SiO_2 - aparentemente como cuarzo - así como pequeñas cantidades de Fe en combinación oxidada

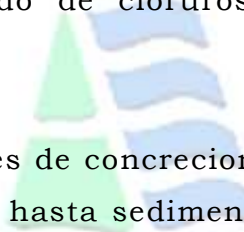
El contenido de sales (cloruros y sulfatos) es de 1 % en las concreciones analizadas."

Aclaración para prueba C: "Las concreciones acusan la presencia de cal con un leve contenido de Mg. El contenido de yeso radica bajo o. 5 % y el de cloruros es de 0.5 %".

Aclaración para prueba D:

"Se trata de un conglomerante calcáreo hasta dolomítico. Otras cantidades de Ca y Mg que están combinadas con CO_2 aparecen posiblemente como silicatos combinados (minerales arcillosos?); se disuelven en ácidos. El contenido de cloruros y sulfatos radica bajo 0.3 %".

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Como resultado de estos análisis se tiene que las formaciones de concreciones terrosas, que se presentan en sedimentos de elásticos finos hasta sedimentos pelíticos de la zona de irrigaciones de Chiclayo -Lambayeque - Valle Nuevo, están constituidas en su mayor parte de cal. Los cloruros sólo aparecen en cantidades inferiores y es de suponer que predominen en la parte occidental de la zona de irrigaciones. De aquí se deduce que los sedimentos saliníferos no están aparentemente muy distribuidos. Puede ser que éstos influyan localmente la salificación de las aguas subterráneas al Occidente de Reque - Chiclayo - Lambayeque - Morrope, pero no son la causa de las salificaciones extendidas por toda la zona de irrigaciones.

Sobre la salificación y eliminación de la sal en los suelos y en el horizonte freático superior se han recibido los siguientes importantes datos de Hacenderos y administradores de la zona de irrigaciones:

Formaciones de manchas e incrustaciones de sal recubren actualmente areales en extensa continuidad, que hace 1 o 2 decenios de años aún se cultivaban. Las salificaciones de los suelos entran en actividad tan pronto se cesa de aportar regularmente agua fresca de regadío. Transcurridos 2 ó 3 años sin esas aportaciones



regulares de agua fresca, el suelo adquiere tal concentración de sal que hace imposible un aprovechamiento inmediato de las tierras.

La salificación de los campos se puede remediar reduciendo regionalmente el nivel freático y lavando los suelos con mayores cantidades de agua fresca de regadío. De esta manera se vuelven a hacer fructíferos los suelos dentro de pocos años (de 3 a 8 años).

3.6. Zona de corrientes de aguas subterráneas, aprovechamiento de aguas subterráneas y su renovación

Basándonos en los levantamientos geológicos e hidrogeológicos realizados se distingue las siguientes zonas de corrientes freáticas y centros de captación de las mismas en la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo:

1.) Corriente de agua subterránea Huaca Blanca - Cuculí

Profundidad: 3 - 15 m

Procedencia de las aguas: aguas de infiltración del valle medio del Chancay

Explotación: en aprox. 25 pozos profundos de las Haciendas Huaca Blanca hasta Cuculí

Rendimiento de extracción actual: del orden aprox. de 5 millones de m³/año

Desagüe: al Río Chancay más arriba de La Puntilla.

2.) Corriente de aguas subterráneas Pampa Grande

Profundidad: 15 - 30 m

Origen de las aguas: aguas de infiltración del valle medio del Chancay

Aprovechamiento: en 88 pozos profundos de la Hacienda Pampa Grande

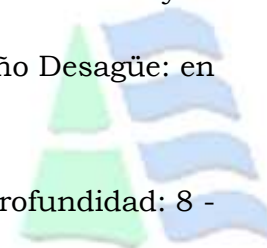
Caudal que se extrae actualmente: del orden aprox. de 20 millones de m³/año

Desagüe: en dirección al Río Reque que hace de emisario. Probablemente una continuación bajo el fondo de la cuenca del Río Reque.



- 3.) Corriente de aguas subterráneas Saltur Profundidad: desconocida (más de 12 m)
Origen de las aguas: probablemente una parte de la corriente de aguas subterráneas de Pampa Grande y otra parte de aguas infiltradas de la zona de irrigaciones de la Hacienda Sipán.
Explotación: en aprox. 8 pozos profundos de la Hacienda Saltur
Caudal de extracción actual: del orden aprox. de 1 millón de M³/año
Desagüe: en dirección al Río Reque o respectivamente en las aguas subterráneas por debajo del valle del Río Reque.
- 4.) Corrientes de aguas subterráneas Pucalá Pátapo (horizonte freático III)
Profundidad: 5 - 20 m
Procedencia de las aguas: aguas infiltradas del canal Taymi y del Río Lambayeque así como de los canales secundarios de regadío y de las superficies irrigadas.
Explotación: en aprox. 45 pozos profundos (pozos entubados y pozos excavados) entre el Río Lambayeque y el Río Reque así como en aprox. 30 pozos profundos (pozos entubados y pozos excavados) entre el Canal Taymi y el Río Lambayeque.
Caudal de extracción actual: del orden aprox. de 25 mili. de m³/año Desagüe: en dirección SW hacia el Río Reque.
- 5.) Corrientes de aguas subterráneas Tumán (horizonte freático III) Profundidad: 8 - 25 m
Procedencia de las aguas: aguas de infiltración del Canal Taymi, del Río Lambayeque y otros canales y superficies de irrigación
Explotación: en 90 pozos profundos de la Hacienda Tumán Captación actual: del orden aprox. de 20 millones de m³/año
Desagüe: en dirección a una antigua reguera de descarga cerca del límite Tumán/Calupe - Pomalca y en dirección al Río Reque.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



- 6.) Corrientes de aguas subterráneas Pomalca (horizonte freático III) Profundidad: 10 - 25 m
Procedencia de las aguas: aguas de infiltración del Río Lambayeque y de los canales y superficies de irrigación.
Captación actual: del orden aprox. de 12 millones de m³/año
Desagüe: **en** dirección W y SW y en parte al Río Reque que hace de emisario.
- 7.) Corrientes de aguas subterráneas Luya - Capote - Mamape - Pitipo (horizonte freático IV)
Profundidad: 25 - 80 m
Procedencia de las aguas: aguas de infiltración del Canal Taymi que alimentan el conductor de aguas - de los horizontes freáticos más profundos - que toma rumbo desde Pátapo y transcurre al Oeste del canal.
Explotación: en aprox. 10 pozos profundos de hasta 100 m de profundidad
Captación actual: del orden aprox. de 5 millones de m³/año
Desagüe: en los horizontes freáticos más profundos de la zona occidental de irrigaciones.
- 8.) Corriente de aguas subterráneas Río Reque (horizontes freáticos II y I)
Profundidad: 0.8 - 12 m
Procedencia de las aguas: en parte aguas de infiltración de los canales y superficies de irrigación en las inmediaciones del Río Reque y en parte aguas de infiltración del Río Reque.
Explotación: en pozos poco profundos y norias para el consumo local; algunas bombas aisladas y captación para fines de irrigación.
Captación actual: del orden aprox. de 1 millón de m³/año.
Desagüe: en dirección al Río Reque y en menor grado hacia el Océano que hace de emisario.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



- 9.) Corriente de aguas subterráneas bordeando el Río Lambayeque (horizonte freático I)

Profundidad: 0.8 - 5 m

Procedencia de las aguas: aguas de infiltración de canales y superficies de regadío de las zonas adyacentes.

Explotación: en pozos poco profundos y norias para el consumo local.

Desagüe: en dirección al Río (canal) Lambayeque.

- 10.) Corrientes profundas de aguas subterráneas en la zona occidental de irrigaciones (Chacupe - Paredones - Yencala)

Profundidad: 20 - 80 m

Procedencia de las aguas: aguas de irrigación infiltradas en zonas situadas en la parte más elevada de la región de regadío o aguas de los canales de irrigación infiltradas también en esta zona.

Explotación: en los 3 pozos profundos mencionados y en San Pedro

Captación actual: del orden aprox. de 2 millones de m³/año

Desagüe: en dirección al Océano Pacífico que hace de emisario principal.

- 11.) Corriente de aguas subterráneas Río La Leche Profundidad: 6 - 20 m

Procedencia del agua: aguas de infiltración del valle del Río La Leche y de los canales de irrigación.

Explotación: en pozos profundos de la Hacienda Batán Grande

Desagüe: en dirección al curso inferior del Río La Leche.

- 12.) Corrientes de aguas subterráneas en las inmediaciones de Tilcume - Sasape - Morrope (horizonte freático II entre otros)

Profundidad: 6 - 60 m

Procedencia del agua: aguas de infiltración de las zonas de irrigación de Pacora - Jayanca y de aquellas zonas limítrofes del Río La Leche.

Explotación: en pozos profundos y poco profundos generalmente para el consumo local y en algunos casos aislados también para fines de regadío.

Captación actual: del orden aprox. de 1.5 millón de m³/año.



Respecto a la renovación de aguas subterráneas se puede aludir lo siguiente:

- 1.) Una renovación notable y regular de las aguas freáticas no puede esperarse suceda por los caudales de lluvias en la zona de irrigaciones en consideración a las escasas precipitaciones medias que se tienen anualmente en esta zona. Solamente se puede contar con infiltraciones irregulares de precipitaciones locales de corta duración y de aguas detenidas en los pequeños valles al borde de las montañas.
- 2.) La renovación de las corrientes de aguas subterráneas descubiertas en los trabajos de investigación se debe a aguas superficiales infiltradas en la zona del valle medio del Chancay y a infiltraciones de los canales de regadío (principalmente Taymi y Lambayeque) ase como a aguas de irrigación infiltradas de las superficies de regadío.

Según cálculos aproximativos se estima una captación de aguas freáticas actual total de aprox. 90 millones de m³/año. Esta captación equivale a un 12 - 15 % del caudal medio anual del Río Chancay. De la suma mencionada, se captan aprox. 25 millones de m³ (de la extracción anual) en la zona de Huaca Blanca - Cu-culí - Pampa Grande, es decir de la corriente de aguas subterráneas del valle medio del Chancay, situado fuera de la región de estudio. Aprox. 65 millones de m³, es decir casi un 72 % de la captación total anual de aguas subterráneas se pueden atribuir - a juzgar por los reconocimientos realizados para este informe -a aguas superficiales infiltradas en la zona de irrigaciones (zonas situadas entre el Canal Taymi y el Río Reque).



Las mediciones hidrológicas en los canales principales y en el Río Reque realizadas en Febrero de 1963 para el "Estudio Preliminar sobre la Factibilidad Técnica y Económica" del Proyecto de Tinajones dan una idea sobre las proporciones que alcanzan las pérdidas por infiltración comprobadas en aquella fecha.

Del estudio pueden deducirse las conclusiones siguientes:

En el periodo de extremada sequía cuando se realizaron las mediciones en 1963, los caudales del Canal Taymi y del Río Lambayeque oscilaron entre 1 y 3 m³/s, radicando el caudal de arrastre normal de estos canales entre 40 y 50 m³/s.

Las pérdidas de aguas en el Canal Taymi fueron en este periodo del orden de 1,150 m³/h entre Tulipe y Ferreñafe, es decir en una longitud de 25 Kms; en el Río Lambayeque, entre Pucalá y Toma Chiclayo (en una longitud de 27 Kms) el orden de pérdidas ascendió a 1,200 m³/h. Las pérdidas de aguas serán mayores si los caudales aumentan, ya que para ese nivel mínimo de aguas los valores calculados equivalen ya a unas pérdidas de 20 millones de m³/año, Este valor numérico no comprende las pérdidas de agua de los canales secundarios de irrigación en tales periodos de estiaje, ni tampoco las pérdidas de agua por infiltración en las superficies de regadío.

El Río Reque que hace de emisario para la parte más meridional de la zona de irrigaciones contó con una aportación de 2,400 m³/h de aguas afluentes en Febrero de 1963. Esta aportación fue absorbida por el Río Reque en su curso entre la Puntilla y Toma Monsefú (aprox. 12 Km al NE Reque) constando probablemente en su mayor parte de aguas subterráneas y siendo equivalente a una afluencia anual del orden de 20 millones de m³/año.



Las investigaciones presentes realizadas en el corto espacio de tiempo de que dispusimos y con ayuda de medios limitados sólo hicieron factible un estudio a grandes rasgos de las condiciones hidrogeológicas fundamentales y cuestiones principales del régimen de aguas subterráneas de la zona de irrigaciones, necesarias para las planificaciones técnicas. Los trabajos hechos demuestran sin embargo, incluso ya en el estado actual de las investigaciones, que la renovación de las aguas subterráneas dentro de la zona de estudio se deben, por lo menos en una proporción determinante, a infiltraciones de aguas que por una parte proceden del fondo de los canales y por otra parte de los campos irrigados.

Esta tesis debiera tenerse en cuenta para todas las planificaciones futuras en lo que se refiere a medidas de obras hidráulicas.

3.) Hasta la fecha no ha podido ser comprobada la existencia de aguas subterráneas fósiles en el subsuelo de la zona de irrigaciones. Sin embargo, no puede negarse hasta ahora que quizás esta agua pueda encontrarse en zonas profundas por debajo de las perforaciones conocidas.

4. Medidas necesarias a tomar

Para la aclaración aún necesaria del régimen de aguas subterráneas en el área de la zona de irrigaciones, con objeto de poder determinar los caudales de aguas subterráneas aprovechables para fines de irrigación, se proponen las siguientes medidas:

1.) Para determinar el movimiento temporal de la napa freática se recomienda la instalación de puestos de medición de aguas subterráneas. Las ubicaciones de esos puestos se indican en tabla 11.



Estos puestos de medición no deberán ser utilizados para la captación de aguas subterráneas. Si no existiera posibilidad alguna de montar un limnómetro registrador o no se utilizará entre tanto uno de los pozos propuestos, en este caso habrá de perforarse en la misma zona un nuevo pozo - pero fuera de un posible cono o zona local de descenso que será aprovechado como puesto de medición.

- 2.) Para fijar el volumen de la renovación de aguas subterráneas y para comprobar los caudales de aguas freáticas que se pueden captar a la larga habrán de llevarse a cabo - por lo menos en todos los canales principales de regadío - aforos que abarquen los caudales anuales *y* también determinar las pérdidas corrientes de agua por infiltración. Una vez obtenidos todos estos datos será posible la elaboración de un plan de aprovechamiento de las aguas subterráneas.
- 3.) Para poder identificar posibles horizontes freáticos a mayores profundidades sugerimos nuevas perforaciones de exploración. Con estas perforaciones habrán de reconocerse la potencia y estructura de los sedimentos de la cuenca, profundizando hasta el subsuelo de Edad Superior al Terciario. Se ha de contar con profundidades de hasta los 500 m. Para estas perforaciones de exploración se aconseja la utilización de un Equipo de Perforación a Percusión, habiendo de calcularse un diámetro lo suficientemente grande (por lo menos 20" y un diámetro final de 6 " como mínimo). Las descripciones del perfil habrán de ser realizadas por un Geólogo Experto en esta especialidad.

Las ubicaciones para estas perforaciones se proponen según tabla 12.

BUNDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG p. e. :

Ponente:

(Prof. Dr. A. Cissarz)
- Ltd., Direktor -

Hannover, 25-11-1963

(Dr. W.H. GREBE)



Literatura

- ANGULO, A.: Informes sobre los trabajos de exploración de las aguas subterráneas en la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo.
Chiclayo 1961/62
- BELLIDO, E.,
NARVAEZ, S. &
SIMONS, F. S.: Mapa Geológico del Perú.
Lima 1956
- BELLIDO, E. &
SIMONS, F. S.: Memoria explicativa del mapa geológico del Perú.
Bol. Soc. Geol. Perú 31, W S.
3 tablas,
Lima 1957
- FISCHER, A. G.: Desarrollo geológico del Noroeste peruano durante el mesozoico.
Bol. Soc. Geol. Perú 30, Pág. 177 - 190,
3 Figuras, 1 Cuadro
Lima 1956
- GERTH, H.: Bau der südamerikanischen Kordillere.
264 pág., 20 diagramas, 62 fig. ,
Berlín 1955
- MACDONALD: Miocene of the Sechura Desert, Piura.
Bol. Soc. Geol. Perú 30, pág. 225-242, 2
fig., 2 cortes estratigráficos,
Lima 1956

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



- PETERSEN, G.: Hidrogeología del Rio Chancay, Lambayeque.
Bol. Soc. Geol. Perú 30, pág. 297-322
2 tablas, 11 cuadros,
Lima 1956
- PETERSEN, G.: Informe sobre el abastecimiento de agua potable para Ferreñafe.
Informe 5 pág., 3 anexos,
Lima 1957 (a)
- PETERSEN, G.: Informe sobre el abastecimiento de agua potable de Pimentel,
Informe 10 pág.,
Lima 1957 (b)
- PETERSEN, G.: Informe sobre el abastecimiento de agua potable para Monsefú.
Informe 7 pág., 2 anexos,
Lima 1957 (c)
- PETERSEN, G.: Informe sobre un pozo para el servicio de agua potable en Chongoyape.
Informe 7 pág., 1 anexo
Lima 1957 (d)
- PETERSEN, G.: Informe sobre el abastecimiento de agua potable para Jayanca.
Informe 7 pág., 3 anexos,
Lima 1957 (e)
- PETERSEN, G.: Informe sobre el abastecimiento de agua potable para Motupe.
Informe 4 pág., 3 anexos,
Lima 1957 (f)

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



SALZGITTER INDUSTRIE-BAU GESELLSCHAFT: Proyecto de Tinajones / Perú
Informe sobre su factibilidad técnica
y económica.
3 tomos, 260 pág., 63 anexos,
Salzgitter 1963

SCHOFF, S. L. & SAYAN, J. L. : Groundwater resources of the Lambayeque Valley, Peru.
Manuscrito 285 pág., 19 fig. ,
22 tablas, 6 cuadros,
Lima 1959

STEIN CHAVEZ, C. N.: Estudio agrológico de los suelos del fundo
La Peña - Valle Chancay - Dep. Lambayeque.
Tesis 98 pág., 3 mapas,
Lima 1959

STEINMANN, G.: Geologie von Perú.
(Reg. Geol. der Erde)
448 pág. , 27 fig. , 9 tablas, 1 mapa
Heidelberg 1929

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Anexos
AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA



Tabla 1
Clasificación estratigráfica de las rocas en los bordes de la zona de
gaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo -

Edad	según Fischer, Sucesión de estratos Potencia	1956	por levantamientos nuestros efectuados en 1963 rocas sedimentarias	In- trusi- ones
¿Mioceno?			capas de vulcanitas ví- treas de petrografía intermediaría Ignimbritas, tobas aglo- meradas en parte sili- ceas en el relieve an- tiguó	Pluto nitás mas reci- entes
Abiense	cales, margas, arcillas esquistosas calizas, areniscas, esquis- tos oscuros en parte silicificados lavas tobas aglomera- das	más de 1800 m	Lavas intermedias con inclusiones de arenis- ces, cuarcitas y ar- cillas esquistosas	
Aptiense	hasta areniscas blancas en estra- tificación cruciforme y cuarcitas arcillas esquistosas roji- zas	mas de 1700 m	areniscas, arcillas, esquistosas, localmente con plegamiento especi- al cuarcitas localmente con un meta- morfismo de contacto fuertemente marcado areniscas rojizas y ar- cillas esquistosas Vulcanitas y en parte Ignimbritas	Pluto nitás antig as en
Valendis	tobas de color gris claro amarillentas, verdosas y rojizas, aglomerados y brechas	aprox. 950 m	Lavas intermedias, tobas amarillentas, verdosas y rojizas; en proporción secundaria aglomerados.	Parte epido- tiza- das
Jurásico	en parte silicificados, o epidotizadas; hacia el techo rocas básicas (Lavas)	aprox. 950 m	Las rocas están en parte cloritizadas y epidotiza- das e incluso calcitizadas	
Jurásico	calizas en parte silici- ficadas, de color gris claro a gris oscuro, con inclusiones de tobas y argilitas	aprox., 4.70 m	calizas en parte silici- ficadas con tobas y ar- cillas esquistosas	
inferior	tobas verdoso-amarillea- tas, lavas y aglomerados en parte silicificados y epidotizados	aprox. 750 m	tobas verdoso-amarillen- tas y arcillas esquisto- sas	
Triásico	Superior			
Paleozoi- co	Rocas metamórficas		Gneise amfibolíticos delante de Eten	



Tabla 2
 Clasificación estratigráfica de los sedimentos
 en un plano más superior del subsuelo en la zona
 de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo

Edad	movimientos	Arrastres	Sedimentos
Holoceno	emersión epirogénea de aprox. 10 m emersión epirogénea e inclinación	Valles más recientes cañadas v cubetas llanas de erosión erosión en la terraza costera elevada terrazza costera elevada más reciente terrazas de los Ríos Chancay, Reque y La Leche erosión en algunos lugares de la actual zona de irrigaciones -----	formaciones recientes de arenas movedizas (capas de arenas Movedizas, dunas de valles, barcanas) sedimentos más antiguos de arenas movedizas (dunas más antiguas) acarreos del delta de los Ríos Chancay y La Leche Sedimentos de terrazas de los Ríos Chancay, La Leche
Pleistoceno	falla oscilante discordancia?	frecuentemente erosión local de los estratos bases suelos rojos	sedimentos de gravas, arenas y arcillas fluviales y localmente marinas; en cielos sedimentarios (10 como Minillo) estratos bases de la sedimentación Arena hasta grava arcilla desde los estratos bases en éstas v en los estratos yuxtapuestos se observan frecuentemente formaciones de incrustaciones de cal que dan fe de un antiguo relieve
Mioceno Oligoceno	falla		sedimentos de la cuenca del Sechura. No descubiertos en la zona de irrigaciones



Tabla 3

Característica química de aguas superficiales (aguas de regadío) en la zona de irrigaciones de Chiclayo - Lambayeque - Valle Nuevo

(de E a O)

Punto de extracción de la prueba	Dureza total	Dureza en carbonatos	C1 1
	° dHG	0 dHK	mg/l
1. Río Lambayeque en las inmediaciones de Tumán (período de crecidas)	5.1	9	8
Canal Taymi cerca de Tres Tomas (período de estiaje)	7.3	9	15
Agua potable Chiclayo (agua de irrigaciones tratada Río Lamb.)	9.2	9	12
4. Río Lambayeque cerca de Lambayeque (aguas bajas después de la Primera ola)	7.2	9	17
5. Acequia cerca de Yencala León (Período de estiaje después de pasar por toda la zona de irrigaciones)			
6. Río Reque cerca de Reque (período de estiaje) afluencia de agua, en parte de aguas subterráneas	S	24	91
8. Acequia en la zona de Bodegonos (borde occidental montañoso) (período de estiaje) Agua restante en el canal	14	24	110
9. Acequia Chiclayo (según PETERSEN, 1956)	9-20	9-26	7-18



Tabla 4

Característica química de aguas subterráneas de los horizontes freáticos I y III en la cuenca del Río Ilegue (de E a O)

Puntos de extracción de las pruebas	No. de Pruebas	Dureza total °dHG	Dureza en carbonatos °dHK	Contenido de cloruro Mg/l
Hacienda Pampa Grande Aguas subterráneas procedentes de pozos profundos de 5-30 m	7	14	19	33
Hacienda Pucalá Pozos No. 26 (hasta 20 m de profundidad) (fuera de explotación)	1	33	34	57
Hacienda Saltur Pozos profundos en explotación	1	21	29	88
Agua fluvial del Río Peque, cerca de Ilegue (en parte aportación de aguas subterráneas)	1	8	24	91
Aguas subterráneas cercanas a la superficie zona Ilegue - Eten (periodo de estiaje)	12	8	26	91



Tabla 5

Característica química de aguas subterráneas en
el área comprendida entre el Río Lambayeque y el
Río Reque
(de E a O)

Punto de extracción de pruebas	No. de pruebas	Dureza Total 0 dHG	Dureza en Carbonatos 0 dHk	Contenido de cloruros mg/l
Hacienda La Cría - Pucala Pozos profundos	3	12	22	11
Hacienda Turuán-Calupe Pozos Profundos, Extracción	25	11	24	20
Hacienda Pomalca Pozos profundos Extracción Norias 0 Co. Boró	13	14	25	33
	3	16	31	61
Zona Chiclayo Chacupe Pozos profundos Extracción Pozos profundos fuera de servicio	10	11	28	51
	4	13	25	388
Monsefú Norias	4	18	19	797
	22	20	28	496
Hacienda Pomalca Pozos profundos Extracción Norias N ingenio	13	14	25	33
	8	11	27	81
Zona al Occidente de Lambayeque Pozos profundos Norias	4	99	15	2700
	15	11	26	204



Tabla 6

Característica química de aguas subterráneas en la zona situada entre el canal Taymi y el

Río Lambayeque

(de E a NO)

Zona de extracción de pruebas		No. de pruebas	Dureza total 0 dlIG	Dureza en carbonatos- 0 diik	Contenido de cloruros Ugl
haciendas La Cría	Pozos i)ro- fundos	8	11	2d,	22
Tulipe	-----				
Pátapo	Norias				

-----	Pozos pro- fundos				
-----	Extracci, In	5	11	25	27
-----	Norias	6	10	30	64

-----	Pozos pro- fundos	2	13	19	14
Hacienda Luya	-----				
-----	Pozos poco profundos	1	13	19	46

Zona	Pozos profundos	2	9	24	32
San Migilel-¿IlíaLlapo	-----				
-----	Norias	11	15	25	148

Zona rierreñafe	Pozos pro- fundos	5	8	20	129

Las Lomas lluamantanga	Norias	14	17	29	903

Zona	Pozos pro- fundos	6	75	19	2700
Muy Finca	-----				
-----	Norias	20	42	23	1550



Tabla 7
 Característica química de ~~aguas~~ aguas subterráneas
 la zona de Batán Grande - Sasape - Morrope
 (de E a 0)

	Nro. de pruebas	Dureza Total 0 dHG	Dureza en carbonatos 0 dHK	Contenido de cloruros mg/l
Hacienda Batán Grande	Pozos profundos	2	14	41
	Norias	3	15	37
zona Illímo	Pozos Profundos	3	17	178
Sasape	Norias	10	21	320
Zona Morrope	Pozos profundos			
	Norias	10	11	556



Tabla 8

Contenidos de cloruros de algunos cuerpos
de aguas subterráneas

Pozos de Perulac, Chiclayo		
de Norte		1. 200 mg/1 Cl' en explotación
/ distancia		2. 350
a siempre		4. 710
a 8 m profundidad /f 110 m.		3. 900
a 18 m profundidad Sur		1700

Pozos Capote-Vista Florida 2

de 4 m profundidad	50 mg/1 Cl'
de 10 m profundidad	44
de 20 m profundidad	53

Pozos Lambayeque-Chacra Vieja

de 10 m profundidad	1600 mg/1 Cl'
de 15 m profundidad	2700 mg/1 Cl'



Tabla 9

Contenidos de sales a diversas profundidades y durante las pruebas de bombeo en los pozos explorados por el Ministerio de Fomento y O.P. según ANGULO 1961/62

Pozos 4 — 6 (Pitipo)	a 15 m profundidad	175 ^{mg/l}	Contenido de sal
	a 40 m profundidad	250	
Pozos 8 — 7 (Monsefù)	a 4 m profundidad	537	
	a 30 m profundidad	738	
	a 90 m profundidad	945	
Pruebas propias 1963	a 10 m profundidad	125	Cl,
Pozos 16 — 8 (Chacupe)	a 10 m profundidad	980	Contenido de sal
	a 70 m profundidad	1050	
Pruebas propias 1963	en extracción	280	Cl,
Pozos 15 — 9 (Paredones)	a 10 m profundidad	1020	Contenido de sal
	a 60 m profundidad	1012	
	a 80 m profundidad	862	
Pruebas propias 1963	en extracción	990	Cl,
Pozos 13 — 12 (Yencala)	a 11 m profundidad	8250	Contenido de sal
	a 20 m profundidad	10500	
	a 37 m profundidad	12900	
	a 60 m profundidad	9000	
	a 65 m profundidad	9750	
	a 69 m profundidad	10300	
Durante un ensayo de bombeo de 70 horas, con rendimientos de hasta 90 l/s, disminuyeron los contenidos de sal de 3560 mg/l a 1680 mg/l.			
Pruebas propias 1963	en extracción	1900mg/l	Cl'
Pozos 11 — 10 (Mochumì)	a 14 m profundidad	17250	Contenido de sal
	a 28 m profundidad	6375	
	a 41 m profundidad	7050	
después ensayo extracción	a 3.8 m profundidad	6900	
	a 12.4 m profundidad	5250	
	a 86 m profundidad	6375	
después de 3 días	a 45 m profundidad	5250	
	a 43-5m profundidad	4875	
Durante una prueba de bombeo de 72 horas con rendimientos aprox. de 30 l/s, reducción del contenido de sal de 3750 a 2200 mg/l			
Pruebas propias 1963	a 8 m profundidad	2500	mg/l Cl'
	a 15 m profundidad	2700"	
Pozos 20 — 11 (Sasape)	a 22 m profundidad	750"	Contenido de sal
	a 37 m profundidad	825"	
	a 65 m profundidad	2250	"
	a 85 m profundidad	2325"	

Durante una prueba de bombeo de 70 horas con una extracción de ca. 35 l/s; disminución del contenido de sal de 3750 a 1420 mg/l.

Determinación del contenido de sal con "Solu-Bridge" - Soil Tester



Tabla 10

Modificación del contenido de Cl¹ en aguas subterráneas durante las pruebas de bombeo 1963

Perforación I (Muy Finca) en perforación	Noria al lado de perforación	2400 mg/1 Cl
	antes de la prueba de extracción	2100 mg/1 Cl'
	después de la prueba de extracción	1800 mg/1 Cl
Perforación II (mochumí)	al comienzo 1 er bombeo	7800 mg/1 el,
	después de 40'	5900
	2 ^d bombeo, después 30'	6700
	después 24 horas	3300
Perforación III (Mocce)	Noria al lado perforación:	43 n n
	(agua infiltrada)	330 mg/1 Cl'
	Prueba bombeo: comienzo	430
	20' 6 horas	6500 7000
Perforación IV (Bodegones) en Acequia al lado perforación	Ensayo bombeo 10'	110
	6 horas	90
	16 horas	5900 "
		7200 "
Perforación V (Pimentel) ensayo bombeo	5	36 0
	16 horas	1900 "
	22 horas	1700 "
		n
Perforación VI (Capote) ensayo bombeo	10'	13
	24 horas	14 "
Perforación VII (Capote) 1 ^{2r} ensayo bombeo	101	14 . r e
	6 horas	13 . el
	2 ² ensayo bombeo 15'	11 ,
	29 horas	35 "
Perforación VIII (Ferreñafe) ensayo bombeo	10'	104 "
	24 horas	55 "

Tabla 11

Lugares de ubicación de los puntos previstos para la medición de aguas subterráneas

limnómetro 1	Perforación de exploración I	Muy Finca	Hoja I	5
limnómetro 2	Perforación de exploración II	Mochumi	Hoja K	5
limnómetro 3	Perforación de exploración III	Mocce	Hoja H	5
limnómetro 4	Perforación de exploración IV	Bodegones	Hoja F	4
limnómetro 5	Perforación de exploración V	Pimentel	Hoja c	4
limnómetro 6	Perforación de exploración VI	Capote	Hoja G	7
limnómetro 7	Perforación de exploración VII	Capote	Hoja G	6
limnómetro 8	Perforación de exploración VIII	Forreñafe	Hoja I	7
limnómetro 9	Perforación de exploración IX	Chiclayo	Hoja E	6
limnómetro 10	Pozo fiac. Miraflores (Pleque)		Hoja B	6
limnómetro 11	Perforación profunda Chiclayo - La Victoria		Hoja D	6
limnómetro 12	Pozo. No. 10 al occidente Pomalca		Hoja D	6
limnómetro 13	Perforación profunda Capote - Vista Florida		Hoja F	8
limnómetro 14	Perforación profunda Los Cocos		Hoja J	6
limnómetro 15	Perforación profunda Chunga		Hoja K	7
limnómetro 16	Perforación profunda Sasape-Granja Militar		HojaM	5
limnómetro 17	Perforación profunda o pozos fuera de Servicio en la zona limítrofe de las hojas E 9/EM/F9/FIO			
limnómetro 18	Perforación profunda o pozos fuera de servicio en la zona de los campos de Pucala Sta.Teresa/Reservorio/San Manuel/San Enrique (Hojas E II/E 12)			
limnómetro 19	Pozos Pucala - La Puntilla Pocitos B-2		Hoja F	13
limnómetro 20	Pozos Pampa de Morrope		Hoja I	3



Tabla 12

Lugares de ubicación para nuevas perforaciones
de exploración

1)	alr. de la coordenada	618	E/9 ¹ 247.5 N	Hoja D 4
2)	alr. de la coordenada	623.5	. /9 ¹ 248.7 N	Hoja D 5
3)	alr. de la coordenada	631.5	E/9 ¹ 250.5 N	Hoja E 7
4)	alr. de la coordenada	639	E/9 ¹ 251 N	Hoja E 8
5)	alr. de la coordenada	647.5	L/9 ¹ 253.3 N	Hoja E 10
6)	alr. de la coordenada	614.5	E/9 ¹ 259 N	Hoja G 3
7)	alr. de la coordenada	620.7	E/9 ¹ 261.5 N	Hoja G 4
8)	alr. de la coordenada	628.1	E/9 ¹ 265	Hoja H 6
9)	alr. de la coordenada	619.3	E/9 ¹ 249.6 N	Hoja L 4