

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ESTUDIO ANALÍTICO DE NITRATOS EN AGUAS
SUBTERRÁNEAS EN EL DISTRITO SAN PEDRO DE LLOC**

Tesis para optar el Título de Licenciado en Química, que presenta la bachiller:

Rina Natalia Vinelli Ramírez

ASESORA: Dra. Nadia Gamboa Fuentes

Lima, julio 2012

RESUMEN

El cultivo de arroz es una de las actividades económicas más importantes en el distrito de San Pedro de Lloc, en la región de La Libertad Perú. En consecuencia, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y el riego por inundación ocasiona contaminación de aguas subterráneas impactando negativamente en las reservas naturales y en la salud humana. Los nitratos presentes en estas aguas se reducen a nitritos al formar metahemoglobina y disminuye así la capacidad de oxigenación en la sangre, lo que se manifiesta por la coloración azulada de la piel y llegando al coma o la muerte de los niños expuestos.

En este proyecto se diseñó y ejecutó un protocolo de monitoreo de agua subterráneas para esta zona. En los pozos seleccionados se tomó muestras para análisis de parámetros físicoquímicos y, en particular, contenido de nitratos, bajo metodologías estándar EPA o SM-AWWA. Las estaciones de muestreo fueron elegidas en zonas agrícolas, ganaderas y urbanas. El primer muestreo, abril 2007, se desarrolló durante la campaña principal de cultivo y el segundo muestreo, junio 2007, a mediados de las campañas complementaria y chica en el año 2007.

Los análisis revelaron una concentración de nitratos inferior a los límites de calidad válidos en el país a la fecha de estudio, lo cual es una respuesta tranquilizadora pero puntual. El pH se encuentra en el rango establecido para su categoría. En cuanto a la conductividad, sólo un pozo da un valor de conductividad mayor al límite. En ningún caso, los cloruros sobrepasan los límites legales y, observándose concentraciones más altas en los pozos abandonados o cercanos al mar. Más del 90% de las estaciones de muestreo se encuentran en categoría de aguas muy duras, es decir, concentraciones superiores a 300 mg CaCO_3/L . Un pozo en un área de actividad agrícola intensa presenta niveles de ortofosfato mayores durante el segundo muestreo, lo que muestra la relación directa actividad agrícola-calidad de agua. En cambio, en los pozos abandonados el contenido de este analito baja lo que podría ser por desuso de fertilizante o actividades agrícolas cercanas. En el caso de los metales, las concentraciones obtenidas de plomo, cadmio, hierro y cobre están por debajo de los límites establecidos.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a todas las personas y organizaciones que siempre me han apoyado:

A la Dirección de Gestión de Investigación de la Pontificia Universidad Católica del Perú, DGI, (ex Dirección Académica de Investigación, DAI), por el apoyo económico para realizar el presente trabajo de tesis, Proyectos DAI-E-018 y DAI-E-041.

Al Centro de Investigación de Geografía Aplicada (CIGA) y en especial al Ing. Zaniel Novoa, por las coordinaciones para facilitar el acceso en la zona de estudio.

A la Dra. Nadia Gamboa y al Dr. Carlos Tavares Corrêa, por la oportunidad y continua confianza.

A mis padres, mi hermano y Arturo, por su constante apoyo y ánimos que día a día me brindan con mucho amor.

Y en especial a mi abuela.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos	4
1.3. Características del área de estudio	4
1.3.1. Descripción general	4
1.3.2. Ubicación de San Pedro de Lloc	5
1.3.3. Características del área de estudio	7
1.3.4. Calidad del agua subterránea	12
1.3.5. Uso del agua subterránea	14
1.3.6. Actividades desarrolladas	16
1.4. Fuentes de nitratos	20
1.5. Toxicología de nitratos	21
CAPÍTULO 2. PARTE EXPERIMENTAL	24
2.1. Estaciones de muestreo.	24
2.1.1. Estación 1 (P-1) La Venturosa	26
2.1.2. Estación 2 (P-2) Santiago de la Fuente-Cortejana	26
2.1.3. Estación 3 (P-3) Jatanca	27
2.1.4. Estación 4 (P-4) Cerro Puémape I	27
2.1.5. Estación 5 (P-5) Cerro Puémape II	28
2.1.6. Estación 6 (P-6) Asentamiento Humano Buenos Aires	29
2.1.7. Estación 7 (P-7) Pozo Varrantes Chicota	29
2.1.8. Estación 8 (P-8) Pozo San Demetrio	30
2.1.9. Estación 9 (P-9) Pozo Pueblo Libre	31
2.2. Frecuencia de muestreo	31
2.3. Métodos de análisis químicos	33
2.3.1. Determinación de sólidos	34
2.3.2. Determinación de alcalinidad	35
2.3.3. Determinación de cloruros	35
2.3.4. Determinación de dureza	35
2.3.5. Determinación de nitratos	35

2.3.6. Determinación de sulfatos	36
2.3.7. Determinación de fosfatos	36
2.3.8. Determinación de materia orgánica:	36
2.4. Análisis estadístico	37
2.5. Disposición de residuos	37
CAPÍTULO 3. RESULTADOS	39
3.1. Datos de campo	40
3.2. Análisis químico	41
3.2.1. Sólidos totales, disueltos y suspendidos	41
3.2.2. Oxígeno disuelto	42
3.2.3. Demanda química de oxígeno	43
3.2.4. Alcalinidad, cloruros, sulfatos y dureza	43
3.2.5. Ortofosfato y fosfato total	44
3.2.6. Cobre, hierro, plomo y cadmio	45
3.2.7. Nitratos	46
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
4.1 pH	51
4.2. Alcalinidad	52
4.3. Conductividad	53
4.4. Sólidos	54
4.4.1. Sólidos totales	54
4.4.2. Sólidos disueltos	54
4.4.3. Sólidos suspendidos	55
4.5. Oxígeno disuelto	57
4.6. Demanda química de oxígeno	58
4.7. Cloruros	59
4.8. Dureza	60
4.9. Fósforo y ortofosfatos	61
4.10. Nitratos	63
4.11. Sulfatos	66
4.12. Plomo	67

4.13. Cadmio	69
4.14. Cobre	69
4.15. Hierro	70
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones	72
CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA	73



ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación de San Pedro de Lloc	6
Figura 2. Curvas de isoprofundidad	10
Figura 3. Uso del suelo y curvas de isoprofundidad	11
Figura 4. Degradación de la hemoglobina	22
Figura 5. Estaciones de muestreo en San Pedro de Lloc	25
Figura 6. Estación de muestreo La Venturosa (P-1)	26
Figura 7. Estación de muestreo Santiago de la Fuente-Cortejana (P-2)	26
Figura 8. Estación de muestreo Jatanca (P-3)	27
Figura 9. Estación de muestreo Cerro Puémape I (P-4)	28
Figura 10. Estación de muestreo Cerro Puémape II (P-5)	28
Figura 11. Estación de muestreo Asentamiento Humano Buenos Aires (P-6)	29
Figura 12. Estación de muestreo Pozo Varrantes Chicota (P-7)	30
Figura 13. Estación de muestreo Pozo San Demetrio (P-8)	30
Figura 14. Estación de muestreo Pozo Pueblo Libre (P-9)	31
Figura 15. Resultado de laboratorio CERPER	48
Figura 16. Monitoreo de pH	52
Figura 17. Monitoreo de alcalinidad	53
Figura 18. Monitoreo de conductividad	54
Figura 19. Monitoreo de sólidos disueltos	55
Figura 20. Monitoreo de sólidos suspendidos	56
Figura 21. Monitoreo de oxígeno disuelto	58
Figura 22. Monitoreo de demanda química de oxígeno	59
Figura 23. Monitoreo de cloruros	60
Figura 24. Monitoreo de dureza	61
Figura 25. Monitoreo de fosfatos	63
Figura 26. Monitoreo de nitratos	66
Figura 27. Monitoreo de sulfatos	67
Figura 28. Resultados de ALS Laboratory Group	68
Figura 29. Monitoreo de cobre	69
Figura 30. Monitoreo de hierro	70

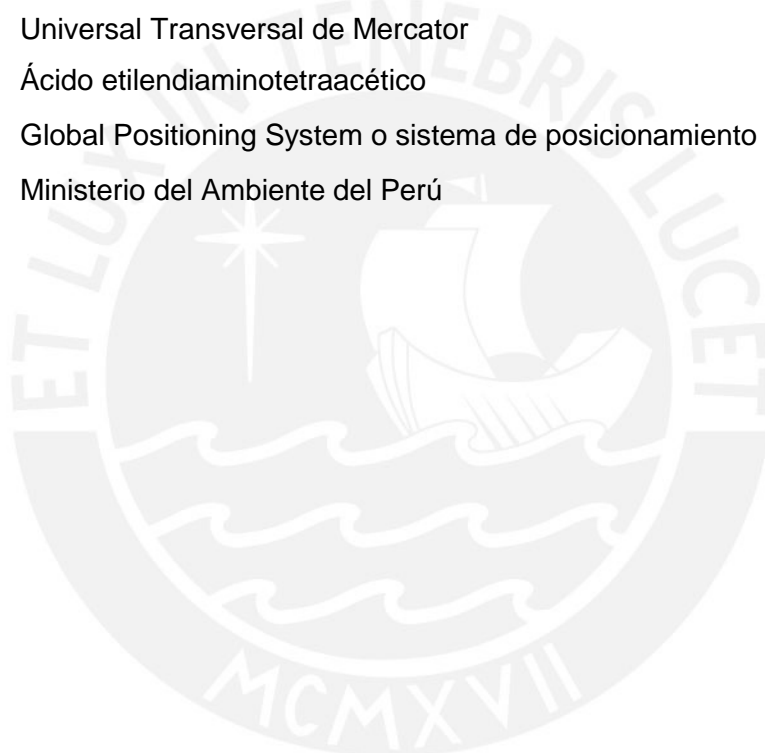
INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Principales cultivos- valle Jequetepeque - campaña agrícola 2 003 / 2 004 respecto 2 002 / 2 003	1
Tabla 2. Resumen comparativo de los costos de producción de arroz - junio 2008 (nuevos soles por hectárea)	2
Tabla 3. Consumo de agua estimado por módulo de riego – valle Jequetepeque - campaña agrícola 2003- 2004	3
Tabla 4. Disponibilidad de recursos hídricos a nivel nacional, según vertiente, 2008	4
Tabla 5. Centros poblados en San Pedro de Lloc según censo 2005	7
Tabla 6. Resumen del padrón de uso agrícola a diciembre 2003 – valle Jequetepeque	8
Tabla 7. Profundidad de la napa freática - valle Jequetepeque 2004	9
Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas – valle Jequetepeque - Distrito de San Pedro de Lloc	14
Tabla 9. Distribución de los pozos según distrito político en el valle del río Jequetepeque -2004	14
Tabla 10. Distribución de los pozos, según su estado - valle Jequetepeque – 2004	15
Tabla 11. Volumen de explotación anual (m ³), según su uso en el valle del río Jequetepeque – 2004	15
Tabla 12. Distribución de los pozos utilizados, según su uso en el valle del río Jequetepeque – 2004	16
Tabla 13. Cultivos complementarios de la campaña agrícola 2003/2004 – valle Jequetepeque	17
Tabla 14. Superficie cosechada para principales variedades de arroz - campaña agrícola 2003-2004 respecto a 2002-2003	18
Tabla 15. Reporte de principales plagas y tipo de control en arroz - campaña agrícola 2001-2002	19
Tabla 16. Contenidos de nitrato y nitrito en carnes curadas	20
Tabla 17. Principales causas de mortalidad por sexo – departamento de La Libertad - 2006	23
Tabla 18. Estaciones de muestreo de aguas subterráneas–San Pedro de Lloc	24
Tabla 19. Campañas agrícolas en San Pedro de Lloc	32
Campañas agrícolas principal, complementaria y chica en San	32

Tabla 20.	Pedro de Lloc.	
Tabla 21.	Métodos de análisis	34
Tabla 22.	Correlación entre los diferentes parámetros analizados	38
Tabla 23.	Clasificación del agua de las extaciones de muestreo según su uso	40
Tabla 24.	Datos de campo	41
Tabla 25.	Niveles de sólidos disueltos, suspendidos y totales (mg/L)	42
Tabla 26.	Niveles de oxígeno disuelto (mg/L)	42
Tabla 27.	Niveles de demanda química de oxígeno (mg/L)	43
Tabla 28.	Niveles de alcalinidad, cloruros, sulfatos y dureza	44
Tabla 29.	Niveles de ortofosfato y fosfato total (mg/L)	45
Tabla 30.	Resultados de ALS Perú S.A.	45
Tabla 31.	Niveles de cobre, hierro, plomo y cadmio (mg/L)	46
Tabla 32.	Niveles de nitrato	47
Tabla 33.	Parámetros comúnmente utilizados para evaluar la contaminación de aguas subterráneas	50
Tabla 34.	Producción media diaria, y composición, de los excrementos sólidos y líquidos de algunos animales	65

ABREVIATURAS

INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
hab/km ²	Habitantes por kilómetro cuadrado
AA.HH.	Asentamientos humanos
A.H.	Asentamiento humano
STD	Sólidos totales disueltos
UTM	Universal Transverse Mercator o Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator
EDTA	Ácido etilendiaminotetraacético
GPS	Global Positioning System o sistema de posicionamiento global
MINAM	Ministerio del Ambiente del Perú



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**

TEMA DE TESIS

N° 150

Para optar al Título de Licenciado en Química

Alumno : RINA NATALIA VINELLI RAMÍREZ

Código : 2001.0336.412

Propuesto por : Dra. Nadia Gamboa Fuentes y Dr. Carlos Tavares Corrêa

Asesor : Dra. Nadia Gamboa Fuentes

Tema : Estudio analítico de nitratos en aguas subterráneas en el
Distrito de San Pedro de Lloc



Descripción del tema u objetivos:

En el Distrito de San Pedro de Lloc, en la Provincia de Pacasmayo, se desarrolla en forma intensiva el cultivo de arroz con riego por inundación y aparente uso excesivo de fertilizantes nitrogenados lo que, sumado a una alta demanda de aguas, somete a estrés ambiental dicha zona. Dadas las características de este ambiente costero y las actividades antropogénicas identificadas, se levanta como hipótesis que tales actividades promueven el transporte de especies nitrogenadas desde las áreas superficiales hasta los acuíferos subterráneos. Esta situación podría implicar un riesgo para la población en vista de que las aguas de pozos son usadas para el riego así como para consumo humano directo, siendo conocida la asociación de los nitratos y el Síndrome de Metahemoglobinemia.

El objetivo de esta tesis es determinar cuantitativamente los contenidos de nitratos y parámetros asociados en aguas de pozos para lo cual se deberá desarrollar un programa de monitoreo cuyo resultado será transferido a la comunidad campesina involucrada.

Extensión: máximo 100 páginas.

Lima, 14 de junio de 2007

Original y 4 copias



CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El distrito de San Pedro de Lloc está ubicado en la región de La Libertad, provincia de Pacasmayo. Su principal actividad económica es la agricultura, la cual comprende el cultivo de arroz, legumbres, alfalfa, entre otros.

En 1572, San Pedro de Lloc tenía una población de 4 480 habitantes que, en su mayoría, se dedicaban a la agricultura con cultivos del algodón, frijoles y frutas. En el tercer cuarto del siglo XVIII se instaló el cultivo de arroz, posteriormente, con la llegada de los inmigrantes asiáticos entre 1850 y 1870, la producción agrícola del valle aumentó. La caña de azúcar y el arroz eran los dos cultivos dominantes hasta 1905 cuando el precio del azúcar sufrió una caída, dejando hasta hoy al arroz como principal cultivo del valle del Jequetepeque (1).

En la actualidad, el cultivo de arroz, comprende más del 70% de tierras cultivadas en San Pedro de Lloc (ver tabla1), pero representa, en comparación con otras zonas del Perú, la segunda producción de mayor costo por hectárea luego de Arequipa (ver tabla 2).

Tabla 1. Principales cultivos - valle Jequetepeque - campaña agrícola 2003 / 2004 respecto 2002 / 2003 (2)

Cultivos	Campaña Agrícola (ha)			
	2002 - 2003	%	2003 - 2004	%
Arroz	26 836,21	64,15	24 964,00	70,81
Maíz	11 062,09	26,45	6 309,45	17,90
Menestras	1 228,18	2,94	1 355,87	3,85
Caña de azúcar	1 235,40	2,95	1 114,45	3,16
Alfalfa	670,17	1,60	643,90	1,83
Frutales	258,53	0,62	189,10	0,54
Vid	37,64	0,09	25,04	0,07
Espárrago	52,80	0,13	57,60	0,16
Otros permanentes	20,98	0,05	16,61	0,05
Tomate	153,00	0,37	212,72	0,60
Cebolla	72,30	0,17	138,70	0,39
Ajo	40,20	0,10	43,69	0,12
Pimiento piquillo	-		40,00	0,11
Otros estacionales	162,90	0,39	145,59	0,41
Totales	41 830,30	100,00	35 256,72	100,00

Tabla 2. Resumen comparativo de los costos de producción de arroz – junio 2008 (nuevos soles por hectárea) (3)

Rubros	Tumbes		Piura		Lambayeque		Libertad		Cajamarca		Amazonas		San Martín		Arequipa	
	Costos	Estructura porcentual	Costos	Estructura porcentual	Costos	Estructura porcentual	Costos	Estructura porcentual	Costos	Estructura porcentual	Costos	Estructura porcentual	Costos	Estructura porcentual	Costos	Estructura porcentual
Semilla	480	6,9	320	5,4	320	5,0	480	6,4	320	5,7	320	6,3	287	6,3	480	5,5
Fertilizantes	1 562	22,4	1 924	32,7	1 911	30,1	2 853	38,1	1 694	30,0	2 002	39,2	1 025	22,6	3 132	34,3
Pesticidas	941	13,5	379	6,4	499	7,9	1 006	13,4	160	2,8	289	5,7	538	11,8	492	5,4
Mano de obra	2 075	29,8	2 016	34,3	2 234	35,2	1 284	17,1	1 819	32,2	1 647	32,3	1 166	25,7	2 880	31,6
Mecanización	485	7,0	360	6,1	700	11,0	480	6,4	660	11,7	420	8,2	400	8,8	605	6,6
Cosecha / combinada	600	8,6	400	6,8	0	0,0	750	10,0	0	0,0	0	0,0	550	12,1	900	9,9
Agua	400	5,7	180	3,1	240	3,8	255	3,4	133	2,4	12	0,2	300	6,6	150	1,6
Otros gastos	100	1,4	24	0,4	50	0,8	26	0,3	524	9,3	100	2,0	60	1,3	50	0,6
Costos directos	6 643	95,2	5 603	95,2	5 954	93,9	7 134	95,2	5 310	93,9	4 790	93,9	4 325	95,2	8 689	95,2
Costos indirectos	332	4,8	280	4,8	387	6,1	357	4,8	345	6,1	311	6,1	216	4,8	434	4,8
Costos totales de producción S/.	6 975	100,0	5 883	100,0	6 341	100,0	7 491	100,00	5 655	100,0	5 102	100,0	4 541	100,0	9 124	100,0
Gastos Financieros por hectárea	2 232		1 883		2 029		2 397		1 810		1 633		1 453		2 920	
Costos de producción Gastos financieros S/. por hectárea	9 207		7 766		8 370		9 888		7 465		6 734		5 994		12 044	
Rendimientos kg/ha.	7 500		9 000		8 400		9 500		7 000		7 000		6 500		12 500	

El arroz se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2 500 m de altitud, en pozas bajo condiciones adecuadas: 24 a 29 °C, buena luminosidad y suelo con textura fina, con una composición de arcilla de 40% y pH entre 5 y 8 (4). El agua necesaria fluctúa entre 12 000 a 18 000 L/ha (ver tabla 3), siendo menor si la siembra es directa y mayor si es por transplante. La cantidad de nitrógeno necesaria es aproximadamente 150 kg/ha de cultivo y, para el caso del fósforo y potasio, se aplica 70 kg de P₂O₅/ha y 120 kg de K₂O/ha respectivamente (4). En el año 2004, el rendimiento promedio de arroz durante el desarrollo de la Campaña Agrícola 2003 – 2 004 fue 9 770 kg/ha (2).

Tabla 3. Consumo de agua estimado por módulo de riego – valle Jequetepeque - campaña agrícola 2003- 2004 (2)

Cultivos	m ³ / ha	Total campaña		Distribución %
		ha	Consumo m ³ *10 ⁶	
Arroz	15 000,00	24 964,00	374,46	80,28
Maíz	7 800,00	6 309,45	49,21	10,55
Menestras	4 600,00	1 355,87	6,24	1,34
Caña de azúcar	18 000,00	1 114,45	20,06	4,30
Alfalfa	13 000,00	643,90	8,37	1,79
Frutales	12 000,00	189,10	2,27	0,49
Vid	12 000,00	25,04	0,30	0,06
Espárrago	21 000,00	57,60	1,21	0,26
Otros permanentes	12 000,00	16,61	0,20	0,04
Tomate	7 300,00	212,72	1,55	0,33
Cebolla	7 300,00	138,70	1,01	0,22
Ajo	7 300,00	43,69	0,32	0,07
Pimiento piquillo	11 000,00	40,00	0,44	0,09
Otros estacionales	5 500,00	145,59	0,80	0,17
Total		35 256,72	466,45	100,00

El arroz emplea riego por inundación y uso de fertilizantes, aplicados por lo general en exceso, favoreciendo posiblemente la infiltración y posterior contaminación de las aguas subterráneas, lo que traería como consecuencia efectos negativos en la salud de las personas que ingieren aguas de pozos diariamente. Se estima que una tonelada de arroz absorbe 20 kg de N, 50 kg de K y 7 kg de P (4).

El presente trabajo aspira a contribuir con información de línea base al estudio de agua subterránea en la zona y futuras investigaciones en el valle. El agua subterránea es un elemento primordial que representa un pilar fundamental del abastecimiento urbano y las necesidades de riego presente y futuras.

1.2. Objetivos

En el distrito de San Pedro de Lloc, en la Provincia de Pacasmayo, se desarrolla en forma intensiva el cultivo de arroz con riego por inundación y aparente uso de fertilizantes nitrogenados, lo que, sumado a una alta demanda de agua, somete a estrés ambiental dicha zona. Dadas las características de este ambiente costero y las actividades antropogénicas identificadas, se levanta como hipótesis que tales actividades promueven el transporte de especies nitrogenadas desde las áreas superficiales hasta los acuíferos subterráneos.

Esta situación podría implicar un riesgo para la población en vista de que las aguas de pozos son usadas tanto para el riego como para el consumo humano directo, siendo conocida la asociación de los nitratos y el síndrome de metahemoglobinemia.

El objetivo de esta tesis es determinar cuantitativamente los contenidos de nitratos y otros parámetros asociados en aguas de pozos para lo cual se desarrollará un programa de monitoreo cuyo resultado será transferido a la comunidad campesina involucrada.

1.3. Características del área de estudio

1.3.1. Descripción general

La disponibilidad de agua subterránea a nivel nacional es de 2 739 millones m^3 , es decir, 0,13 % de la disponibilidad total de recurso hídrico a nivel nacional (ver tabla 4). Los acuíferos costeros del Perú cubren menos del 5 % de la superficie de la costa árida y se establecen en los 52 valles de los ríos y las pampas limitantes. Son de origen aluvial y se alimentan por la infiltración de las aguas de los ríos, percolación en canales de irrigación y recirculación de aguas de regadío. Alrededor de 5 000 pozos extraen anualmente 1 600 millones m^3 de agua, aproximadamente (5).

Tabla 4. Disponibilidad de recursos hídricos a nivel nacional, según vertiente, 2008 (5)

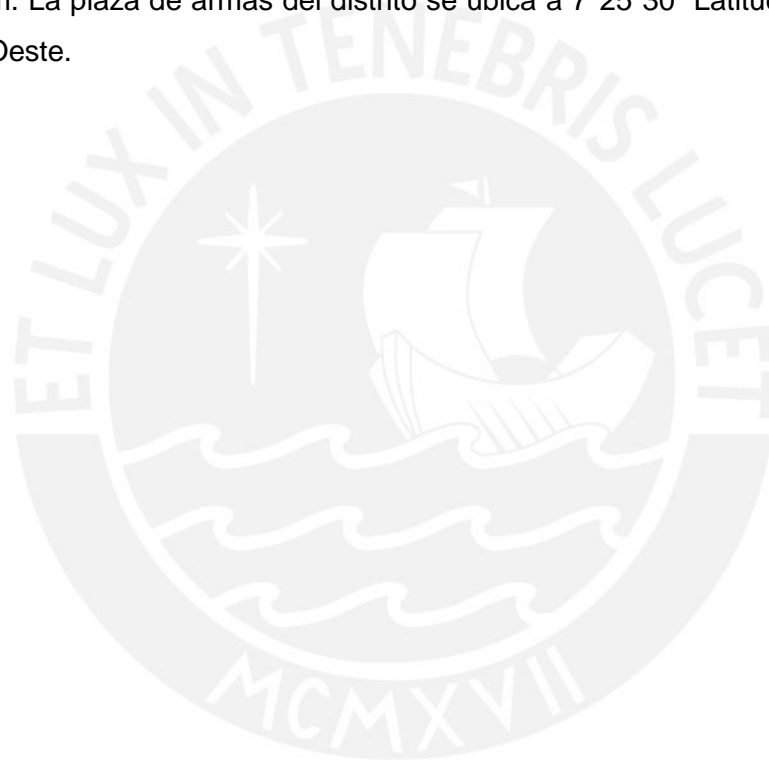
Vertiente (Hm^3)	Recurso hídrico (Hm^3)			Cuenca hidrográfica	
	Total	Agua superficial (Hm^3)	Agua subterránea (Hm^3)	Cantidad	Extensión (km^2)
Total	2 045 609	2 042 870	2 739	106	1 285 215
Pacífico	37 030	34 291	2 739	53	279 689
Atlántico	1 998 405	1 998 405	...	44	956 751
Titicaca	10 174	10 174	...	9	48 775

(Hm^3)= 1 millón de metros cúbicos.

1.3.2. Ubicación de San Pedro de Lloc

El distrito de San Pedro de Lloc está ubicado en la costa norte del Perú en la región de La Libertad, provincia de Pacasmayo (ver figura 1), específicamente al margen izquierdo del valle de Jequetepeque. Desde el 23 de noviembre de 1864 se convirtió en capital político administrativa de la provincia (1).

El distrito de San Pedro de Lloc presenta una superficie de 698,42 km², según el censo del 2007 realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). San Pedro de Lloc cuenta con una población de 16 149 habitantes y una densidad de población de 23,1 hab /km² (5). Su capital, que lleva el mismo nombre, se encuentra a 48 m.s.n.m. La plaza de armas del distrito se ubica a 7°25'30" Latitud Sur y 79°30'06" Longitud Oeste.



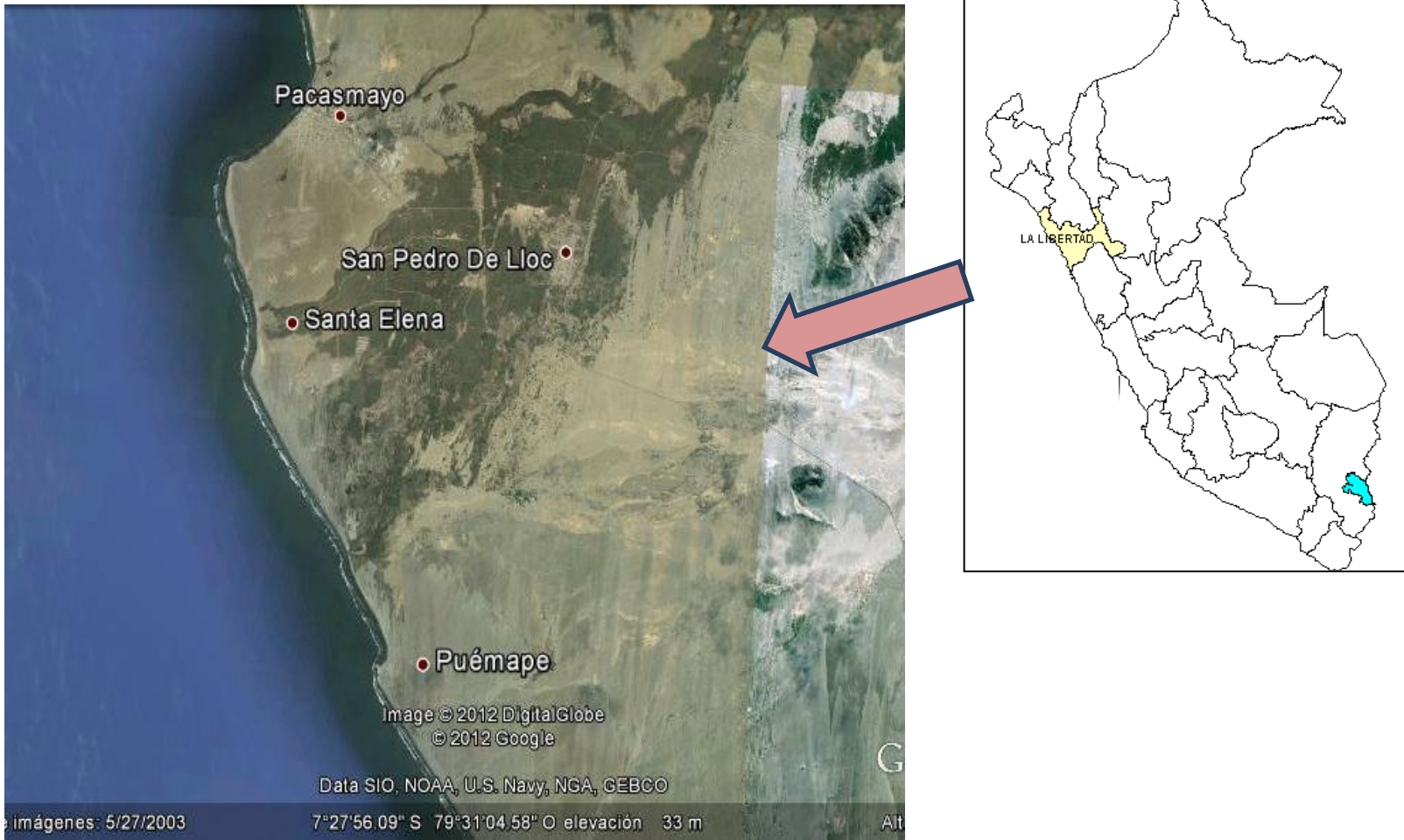


Figura 1. Ubicación de San Pedro de Lloc

1.3.3. Características del área de estudio

San Pedro de Lloc está comprendido en una zona semiárida (6) caracterizada por un clima subtropical con temperaturas medias mínimas de 13 °C y máximas medias de 25°C (1). El distrito de San Pedro de Lloc tiene una población de 16 149 habitantes, según el censo 2007. Se subdivide en 20 centros poblados, de los cuales cinco son urbanos y quince son rurales. Casi el 87% de las viviendas se encuentran ubicadas en los centros urbanos (ver tabla 5).

Tabla 5. Centros poblados en San Pedro de Lloc según censo 2005 (5)

Nombre	Área	Viviendas	% de vivienda	% según urbano o rural
San Pedro de Lloc	Urbano	3 394	69,25	86,96
Masanca	Urbano	246	5,02	
Santonte	Urbano	134	2,73	
Chocofán	Urbano	315	6,43	
El Hornito	Urbano	173	3,53	
Cavour	Rural	34	0,69	13,04
Chascarrape	Rural	29	0,59	
Jatanca	Rural	66	1,35	
Cruce el Hornito	Rural	31	0,63	
Pueblo Libre	Rural	31	0,63	
El Milagro	Rural	76	1,55	
San Demetrio	Rural	65	1,33	
Buenos Aires	Rural	101	2,06	
Puémape	Rural	43	0,88	
Cerro Chilco	Rural	1	0,02	
El Solano	Rural	11	0,22	
La Constancia	Rural	10	0,20	
Santa Elena	Rural	102	2,08	
Cala	Rural	21	0,43	
Dios Tede	Rural	18	0,37	
Total		4 901	100,00	100,00

El Distrito de Riego del Jequetepeque se organiza en la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Regulado Jequetepeque y consta de 14 158 usuarios distribuidos en 14 sectores de riego o comisiones de regantes (7) (ver tabla 6). La Junta de Usuarios se encarga del control, operación y distribución del agua para la agricultura, atendiendo a 1950 usuarios en el sector de San Pedro (2).

Tabla 6. Resumen del padrón de uso agrícola a diciembre 2003 – valle Jequetepeque (8)

Junta de usuarios	Sector de riego	Sub sector de riego	Comisión de regantes	Nº de usuarios	Nº de predios	Superficie (ha)		Volumen m ³	
						Total	Bajo riego		
Jetequepeque	Pay – Pay		Pay – Pay	212	214	170,55	170,55	2 526 612	
	Ventanillas		Ventanillas	180	190	214,07	214,07	3 033 539	
	Tolón		Tolón	587	598	1 060,68	1 060,68	10 144 734	
	Huabal – Zapotal		Huabal – Zapotal	324	334	646,21	645,05	9 617 695	
	Talambo		Tambo						78 402 675
		Comisión Talambo			2 344	2 372	8 268,58	8 246,04	
		Comunidad Camp. Chepen			550	554	2 621,42	2 621,42	
	Chepen		Chepen	921	943	2 767,33	2 767,33	53 913 739	
	San José		San José	1 151	1 159	3 666,43	3 647,14	51 666 941	
	Limoncarro		Limoncarro	1 348	1 424	3 459,42	3 459,42	59 362 469	
	Tecapa		Tecapa	485	497	990,62	989,62	15 526 818	
	San Pedro		San Pedro	1 863	1 861	5 051,17	4 960,92	75 442 689	
	Guadalupe		Guadalupe	1 246	1 289	3 926,19	3 923,14	71 167,42	
	Pueblo Nuevo		Pueblo Nuevo						87 018 733
		Pueblo Nuevo			833	860	3 635,89	3 635,31	
Santa Rosa				571	579	2 667,66	2 655,04		
Pacanga		Pacanga	1 174	1 224	5 423,32	5 329,54	76 297 381		
Jequetepeque		Jequetepeque	369		1 388,98	1 386,07	17 423 237		
1	14	4	14	14 158	14 098	45 958,52	45 711,34	540 448 429	

El tipo de cultivo de arroz es intensivo, pudiendo repercutir en el aumento de la napa freática por lo que ocasionaría un proceso de salinización del suelo (9). Estudios efectuados en 1969 por Salzgitter y en 1986 por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) indican que, sobre el total de 47 300 ha de tierra de cultivo en el valle de Jequetepeque, el área afectada por salinidad pasó de 12 534 ha en 1969 a 13 460 en 1986; es decir, un incremento del 2 % en 17 años (9). Este problema de salinidad en el suelo afecta a todos los valles aluviales de la costa peruana, en aproximadamente 40% del total de su superficie agrícola (9).

En la tabla 7 se puede apreciar el nivel freático por sector del valle Jequetepeque en el 2004. Estos datos indicarían que algunas zonas son más susceptibles a una contaminación por lixiviación del suelo y escorrentía ya que el 60,23% de los sectores presentan un nivel freático menor a 5 metros.

Al analizar las curvas de isopropundiad y uso de suelo podemos ver que estaciones de muestreo están más cercanos a zonas desérticas, valles y la profundidades del acuífero (ver figura 2 y 3), es decir cuales serían las zonas más susceptibles.

Tabla 7. Profundidad de la napa freática - valle Jequetepeque 2004 (8)

Sector	Nivel freático (m)
El Chilco	6,85 – 9,31
La Pampa	3,45 – 13,90
A.H. Buenos Aires – Espinoza	2,11
La Constancia – San Demetrio bajo	1,36 – 2,95
San Felipe – Celendine	1,33 – 2,01
La Venturosa	2,88 – 7,76
Jatanca	1,25 – 2,14
Chocofán	4,52 – 4,65
A.H. Mazanca	3,78 – 7,48
Coskepón – Hacienda Kabour	1,61 – 2,55
La Huaca – Santonte	1,10 – 1,14
Pacasmayo – La Cabaña	0,73 – 1,03
Huaca León	7,2



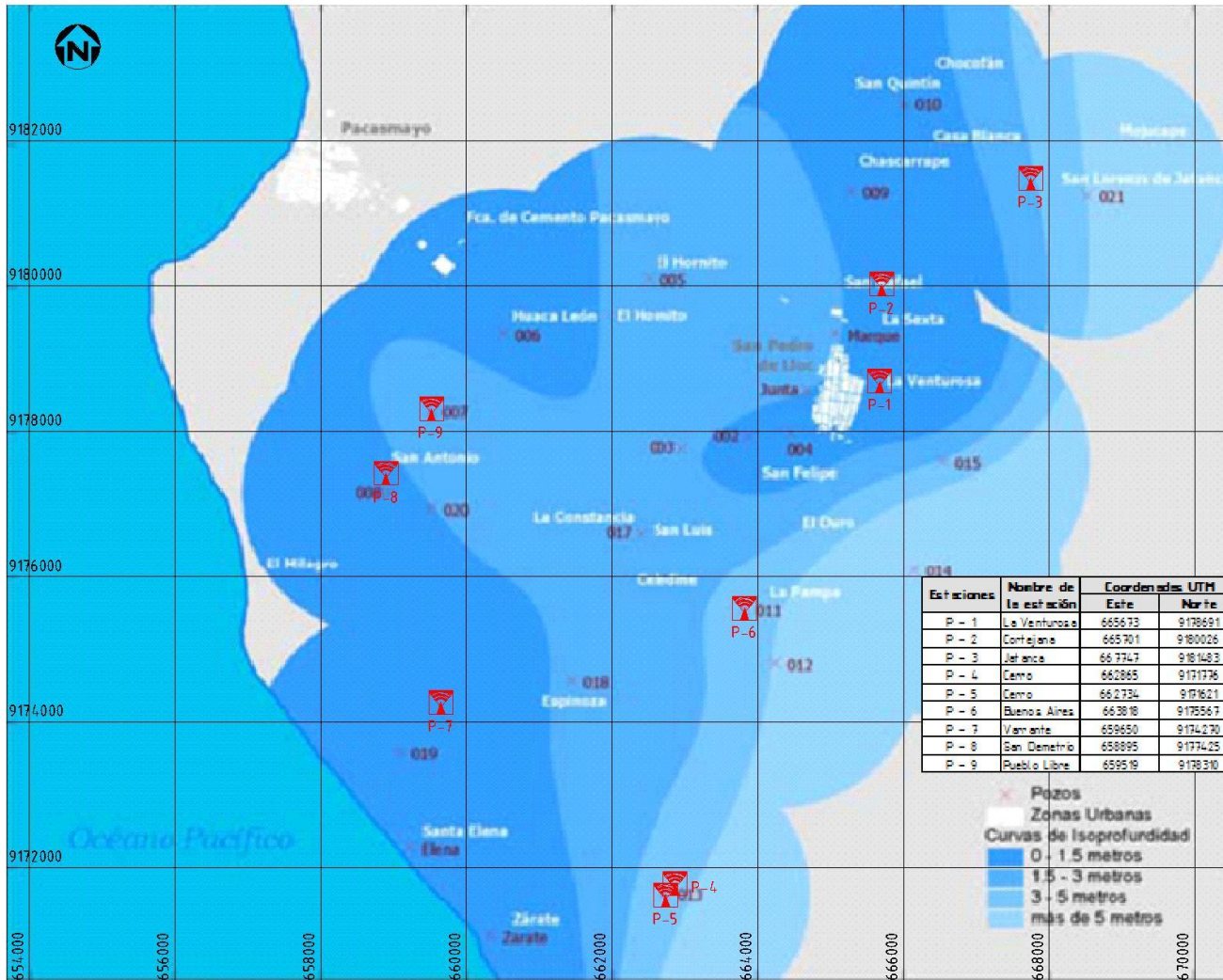


Figura 2. Curvas de isoprofundidad (9)

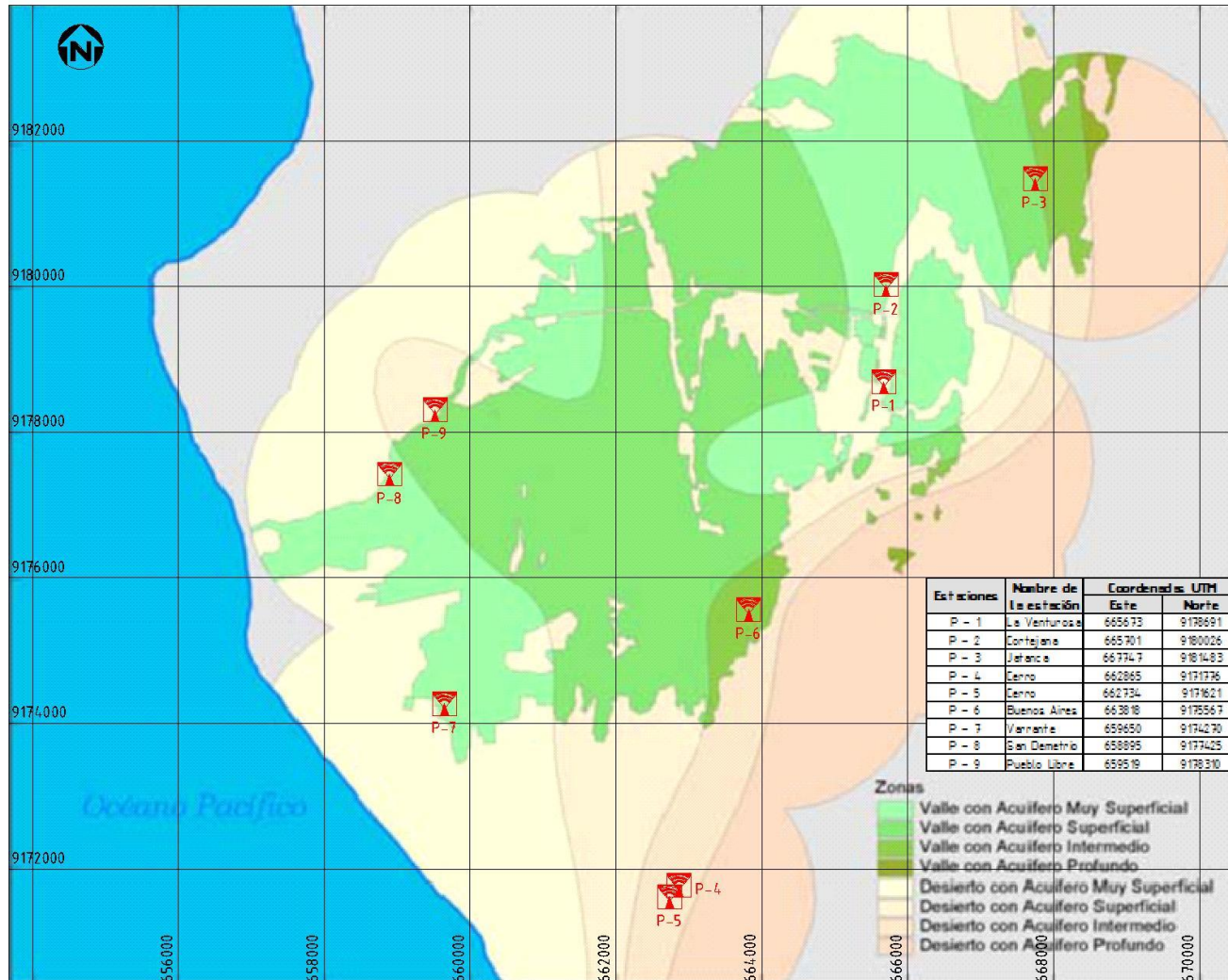


Figura 3. Uso del suelo y curvas de isoprofundidad (9)

1.3.4. Calidad del agua subterránea

Por lo general, se cree que el agua subterránea es pura y segura para beber ya que pasa por un proceso de filtración y limpieza a través del subsuelo y lecho rocoso. Sin embargo, este proceso no asegura necesariamente su pureza. La contaminación del agua subterránea puede ser tanto una consecuencia natural como ocasionada por la actividad humana.

Un ejemplo conocido, comprobado y documentado disponible en la literatura científica de contaminación natural del agua subterránea es el caso de la contaminación en el valle del río Louro provincia de Pontevedra, Galicia, España estudiado en 1998 (10). Litológicamente, este valle se caracteriza por la presencia de materiales finos, de menor permeabilidad, ricos en materia orgánica. Esto produce un incremento en la salinidad y un ambiente reductor capaz de movilizar hierro y manganeso, es decir, una contaminación por causa natural (10). De 70 muestras evaluadas, 16 presentaron concentraciones mayores a los 25 mg/L de nitratos, de las cuales 5 sobrepasaron el límite de 50mg/L de nitratos. Es decir, el 7% de los pozos presenta un riesgo para la salud de las personas que tomarán sus aguas.

Por causa natural, el agua subterránea puede presentar hierro, magnesio, sulfuro de hidrógeno, sulfato y cloruro de sodio como resultado del tipo de suelo en que el acuífero está comprendido. Asimismo, está presente la contaminación de las aguas subterráneas debido a la actividad humana industrial o doméstica. Por ejemplo, si se trata de una contaminación de tipo doméstico, esta se podría deber principalmente a fosas sépticas, pozos negros, fugas de alcantarillado, vertidos de aguas de letrinas, entre otros (11).

El uso de fertilizantes nitrogenados en la agricultura es una fuente probable y documentada de contaminación de las aguas. Un caso relacionado a este hecho es el presentado en el Acuífero de Abbotsford, en Canadá, formado, en gran parte, por depósitos permeables glacio – fluviales de arena y grava, es decir, un sistema no protegido del drenaje de la superficie ya que no cuenta con una capa de arcilla impermeable haciendo que este acuífero sea susceptible a la contaminación por el uso del suelo. El área sobre el acuífero Abbotsford ha sufrido cambios significativos en el uso que la población le da a la tierra. Inicialmente la actividad predominante era la ganadera, por lo que utilizaban grandes extensiones de terreno para el heno y pastos. Solo el 16% de la tierra cultivada en 1971 era para pequeños cultivos de fruta, esto cambió en 1991 llegando a ser el 54% de la tierra cultivada.

El departamento del gobierno de Canadá, Agriculture and Agri-food – Canadá (AAFC), responsable de las políticas que rigen la producción agrícola, investigación y desarrollo, entre otros; evaluó la información del censo agrícola de 1971, 1981 y 1991 y estimó que la adición de nitrógeno excedió lo requerido por los cultivos en un 50%, es decir, que aunque se cambió de cultivo, de heno de hierba y pastos a frutas pequeñas, las cuales requieren menos nitrógeno para la producción agrícola; se siguió produciendo y usando una cantidad en exceso de estiércol para el nuevo cultivo. Como resultado, la base local de la tierra agrícola es incapaz de utilizar el excedente de nitrógeno por lo que percola y produce concentraciones de nitrato superiores a 10 mg/L de nitrógeno, que es la concentración máxima aceptable para agua potable en Canadá (CCME, 1996).

El acuífero de Abbotsford es un recurso importante de uso doméstico, municipal, agrícola e industrial. El acuífero pertenece al valle del bajo Fraser y abastece de agua a más de 100 000 personas en la ciudad de Abbotsford – Canadá y en el norte – centro del condado de Whatcom, Wahington, Estados Unidos. Como consecuencia, ya que la dirección del flujo del agua va desde la parte canadiense a Estados Unidos, cualquier cambio al que se ve expuesto el acuífero es un problema que no solo afecta a muchas personas sino a dos países (12).

Entre los indicadores de contaminación de agua subterránea más importantes se encuentra el nitrato. En agua no contaminada, el nitrato está presente en concentraciones bajas (menos de 5 mg/L) y varía según las condiciones geoquímicas, el procedimiento de evacuación de desechos humanos y/o animales, el grado de utilización de fertilizantes y las descargas de compuestos nitrogenados (11).

En el valle de Jequetepeque, como datos históricos reportados por INRENA en el año 2001, se cuenta con información sobre pH, cationes, aniones y sólidos totales disueltos de las aguas subterráneas del distrito de San Pedro de Lloc. Cabe resaltar que, aunque el área es una zona agrícola, no se reporta análisis de nitratos se analizó la conductividad eléctrica (CE), pH, calcio, magnesio, sodio, potasio, bicarbonato, sulfato, cloruro y sólidos totales disueltos (STP) (ver tabla 8).

Tabla 8. Resultados de los análisis fisicoquímicos de las aguas subterráneas – valle Jequetepeque - distrito de San Pedro de Lloc. (8)

Estación	CE 25°C µs/cm	pH	Cationes				Aniones			STD ppm
			Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	
02	4 100	7,4	272,0	115,2	524,4	4,68	838,75	994,56	408,25	2 050
13	3 500	7,6	104,0	24,0	772,8	3,90	1 311,5	152,16	479,25	1 750
50	890	7,6	12,0	4,8	231,38	0,78	567,3	2,88	42,60	445
69	760	7,0	128,0	19,2	50,60	0,39	469,7	50,88	38,34	380
81	1 300	7,4	36,0	12,0	292,10	1,56	219,6	97,44	127,80	650
83	1 800	8,0	12,0	2,4	430,1	3,90	732	129,60	170,40	900
92	670	7,0	96,0	19,2	36,8	0,78	414,8	9,60	56,80	335
148	970	7,0	114,6	12,2	92,0	1,17	213,5	174,24	142	485
168	1 500	7,2	104,0	19,2	240,35	1,56	244	268,8	269,8	750
225	1 100	7,0	132,0	38,4	78,2	0,78	488	82,56	99,4	550
292	1 100	7,4	102,0	54,0	71,76	0,78	384,3	153,60	85,2	550
302	1 300	7,2	108,0	52,8	105,11	1,95	591,7	113,28	78,1	650
310	1 300	7,6	72,0	28,8	180,55	1,56	451,4	136,80	142	650
324	2 300	7,4	128,0	57,6	333,96	0,78	817,4	295,20	170,4	1 150

1.3.5. Uso del agua subterránea

En el distrito de San Pedro de Lloc se encuentra el 17% del total de los pozos del valle del río Jequetepeque, lo que equivale a 1945 pozos (ver tabla 9). El 67,63 % es utilizado para fines agrícolas, domésticos, industriales o pecuarios; 27,46% no es utilizado pero podría serlo y 4,91% no se aprovecha, es decir, que durante el inventario se encontraban derrumbados, la tubería estaba desviada, tenían agua salada o estaban secos (ver tabla 10) (8).

Tabla 9. Distribución de los pozos según distrito político en el valle del Jequetepeque -2004 (8)

Distrito	Nº pozos	%
San Pedro de Lloc	346	17,79
San José	181	9,31
Pacasmayo	27	1,39
Jequetepeque	97	4,99
Guadalupe	635	32,65
Pueblo Nuevo	230	11,83
Chepén	112	5,76
Pacanga	317	16,30
Total	1 945	100,00

Tabla 10. Distribución de los pozos, según su estado - valle Jequetepeque – 2004 (8)

Distrito	Tipo de pozo							
	Utilizado		Utilizable		No Utilizable		Total	
	Nº pozos	%	Nº pozos	%	Nº pozos	%	Nº pozos	%
San Pedro de Lloc	234	67,63	95	27,46	17	4,91	346	100
San José	113	62,43	67	37,02	1	0,55	181	100
Pacasmayo	10	37,04	14	51,85	3	11,11	27	100
Jequetepeque	47	48,45	49	50,52	1	1,03	97	100
Guadalupe	516	81,26	114	17,95	5	0,79	635	100
Pueblo Nuevo	171	74,35	55	23,91	4	1,74	230	100
Chepén	71	63,39	41	36,61	0	0,00	112	100
Pacanga	219	69,09	90	28,39	8	2,52	317	100
Total	1 381	71,00	525	26,99	39	2,01	1 945	100

En el año 2004, se extrajo 1 195 583,5 m³ de agua subterránea en el distrito de San Pedro de Lloc, de los cuales 63,51% fue para uso doméstico, 5,2% de uso industrial, 23,90% de uso agrícola y 7,07% de uso pecuario (ver tabla 11).

Tabla 11. Volumen de explotación anual (m³), según su uso en el valle del río Jequetepeque – 2004 (8)

Distrito	Volumen según uso del pozo				Total
	Doméstico	Industrial	Agrícola	Pecuario	
San Pedro de Lloc	759 279,10	66 007,00	285 725,60	84 571,80	1 195 583,50
San José	397 376,66	8 006,40	253 412,00	2 216,64	661 011,70
Pacasmayo	1 013 967,00	0	5 258,40	0	1 019 225,40
Jequetepeque	331 268,26	0	99 478,00	281 778,00	712 524,26
Guadalupe	1 398 376,88	0	268 295,80	139,10	1 666 811,78
Pueblo Nuevo	591 325,08	0	54 062,40	1 105,42	646 492,90
Chepén	6 637 890,00	0	173 834,60	2,74	6 811 727,34
Pacanga	368 365,36	0	1 823 972,20	160 875,64	2 353 213,20
Total	11 497 848,34	74 013,40	2 964 039,00	530 689,34	15 066 590,08

Del total de 1 381 pozos que se utilizan en el valle Jequetepeque, San Pedro de Lloc posee 234, los cuales se pueden categorizar según su uso en cuatro clases (doméstico, industrial, agrícola y pecuario). Se cuenta con 192 pozos para uso doméstico, 20 para fines agrícolas, 16 para uso pecuario y 6 de uso industrial (ver tabla 12).

Tabla 12. Distribución de los pozos utilizados, según su uso en el valle del río Jequetepeque – 2004 (8)

Distrito	Número de pozos según su uso				Total
	Doméstico	Industrial	Agrícola	Pecuario	
San Pedro de Lloc	192	6	20	16	234
San José	90	1	16	6	113
Pacasmayo	9	0	1	0	10
Jequetepeque	34	0	5	8	47
Guadalupe	495	0	17	4	516
Pueblo Nuevo	166	0	2	3	171
Chepén	63	0	7	1	71
Pacanga	163	0	47	9	219
Total	1 212	7	115	47	1 381

1.3.6. Actividades desarrolladas

Las principales actividades económicas en el valle son la pesca, minería, ganadería y agricultura. La pesca es abastecida por el puerto de Pacasmayo.

La minería está presente en la cuenca alta del valle como, por ejemplo, en San Miguel, donde hay canteras de caliche y arcilla para tejas y ladrillo, en Coshuro (Distrito de Calquis) con hierro y plata, y en Cajamarca, los conocidos yacimientos de oro. En la provincia de Contumazá se explota en forma artesanal arcilla, carbón de piedra, rocas calizas y arcillosas, siendo importante la presencia de la caliza que explota Cementos Pacasmayo en Tembladera (13).

La actividad ganadera está dirigida al ámbito comercial. En la zona de San Pedro existen centros de comercialización intermedia y engorde de ganado. El ganado predominante es de tipo criollo con un bajo rendimiento, de 5 ó 6 litros de leche por cabeza al día. También está activa la crianza de aves para producir carne y huevos (13).

La actividad agrícola en la zona baja del valle del río Jequetepeque presenta como cultivo predominante al arroz y en segundo lugar el maíz (ver tabla 1).

La superficie cosechada de arroz del distrito de San Pedro de Lloc en la campaña del 2003 / 2004 abarca 24 964 ha, 6,98% menos que la anterior campaña, pero aún es considerada como el principal cultivo en el valle (ver tabla 1).

Los cultivos que se ubican en tercer lugar y comprenden caña de azúcar, alfalfa, vid y espárrago. En menor cantidad, se encuentran el frijol, loc tao, lentejas, ají y arvejas. Finalmente, los cultivos estacionales son el tomate, cebolla, ajo y ají piquillo (ver tabla 13).

Aunque, en principio, la comercialización de la cosecha está destinada al pequeño mercado local, la mayor parte de la producción se dirige a los mercados regionales y nacionales. En el caso del arroz, el agricultor vende su producción al molinero de quien recibe crédito, insumos y, en algunos casos, asistencia técnica.

Tabla 13. Cultivos complementarios de la campaña agrícola 2003/2004 – valle Jequetepeque (2)

Cultivo	Variedad cultivada	Época de siembra	Época de cosecha
Maíz amarillo duro	Pionner, PM – 204 , PMC -747, Poey -766 (periodo vegetativo de 150 días)	marzo a mayo	agosto a octubre
Sorgo	NK-280 , Dekald, Pionner, G134-AP, cuyo (periodo vegetativo de 150 días)	febrero a mayo	julio
Alfalfa	Monsefuana.	junio	durante todo el año
Frijol	Canario corriente, panamito mejorado, castilla, bayo, etc.	febrero a marzo (se pueda sembrar en otras épocas del año).	junio y agosto.
Loc tao	Criolla	febrero y marzo	desde junio.
Mango, ciruelo y palto	Mango Haden y Kent	agosto y octubre	enero y marzo
Palto	Fuerte y naval	agosto y octubre	junio y julio
Vid	Gross Colman,		
Caña de azúcar	Azul Casagrande	octubre a marzo	entre los meses de primavera y verano
Espárrago	Mary Washington, W500, UC 157(F1 y F2), UC 66		
Algodón	Tangüis		
Hortalizas: tomate, ajos, cebollas, ají panca	Cebolla blanca, que tiene las variedades de Majesty y White Grain.		

El cultivo de arroz (*Oryzasativa*) (14) se puede realizar en zonas tropicales, subtropicales y templadas. Necesita cerca de 15 000 m³ de agua por hectárea. La época de siembra es entre noviembre y febrero, y la cosecha entre abril y julio.

En el Perú se cultivan aproximadamente 30 variedades de arroz; la mayoría se originó en el Programa de Investigaciones en Arroz – Perú (PIA - Perú). Estas variedades provienen del Internacional Rice Research Institute (IRRI - Filipinas) y del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT - Colombia). Las principales variedades de arroz que se cultiva en la costa norte son la Viflor, Inti, Sican, Costa Norte, Taymi, Oro,

Santa Ana, San Antonio y NIR-I. En la costa sur son Viflor, BG-90, San Antonio y NIR I, y en la ceja de Selva son Amazonas Huarangopampa, Utcubamba, Moro, Saavedra, San Antonio y Santa Elena. Las variedades locales llamadas Viflor, NIR y Amazonas están basadas en IR-8, IR- 43, IR-930 y TETEP.

Primordialmente, en el valle se cultivan las variedades NIR (IR-43) y Amazonas (ver tabla 14).

El incremento de los insectos se ve favorecido por el clima cálido y la presencia de aguas estancadas en pozas por el desnivel del suelo a pesar del uso indiscriminado de pesticidas de alto poder residual. Las variedades más susceptibles a las plagas son NIR (IR-43) y la Viflor en contraste con las variedades Amazonas y Capirona que son las más tolerantes (2). Los insectos y plagas que afectan este cultivo son: el gusano rojo del arroz (*Chironomus* sp.), la mosca minadora o mosquilla (*Hydrellia Wirthy*) y la novia del arroz (*Rupella albinilla*) (2) (ver tabla 15).

Tabla 14. Superficie cosechada para principales variedades de arroz- campaña agrícola 2003-2004 respecto a 2002-2003 (2)

Variedades	Campaña Agrícola Octubre 2003-Junio 2004			
	2002-2003	%	2003-2004	%
Amazonas	16,220	60,44	10,814	43,32
NIR (IR-43)	7,680	28,62	12,600	50,47
Viflor	1,360	5,07	850	3,40
Capirona	1,126	4,20	620	2,48
Pítipo	350	1,30	50	0,20
Otras	100	0,37	30	0,12
Total	26,836	100,00	24,964	100,00

Tabla 15. Reporte de principales plagas y tipo de control en arroz - campaña agrícola 2001-2002 (2)

Principales plagas	Fase del Cultivo			Incidencia daño			Variedades susceptibles					Tipo de control		
	Almácigo	Macollamiento	Punto de algodón (*)	Leve	Moderado	Fuerte	Viflor	Amazonas	Capirona	Niri	Otras	Cultural	Químico	otros
Mosca Miradora (<i>Hydrellia</i> Sp.)	X	X			X	X				X	Pitipo	Secas periódicas Manteado	CarbarilMetamidophos	Fertilización adecuada de N
Gusano rojo (<i>Chironomus</i> sp.)	X	X			X	X	X	X	X	X	X	Secas periódicas Manteado	CarbarilTemephos	Abonos Orgánicos, Aplicación Fósforo
Novia del arroz (<i>Rupelaalbinella</i>)			X		X			X	X			Subir ligeramente la lámina de agua	No se justifica	Control Etológico
Gusano Cañero (<i>Diatraeasaccharalis</i>)		X		X			X	X				Subir la lámina de agua en pozas	No se justifica	Control Biológico (liber. avispas)
Gusano de hoja (<i>Spodopterafrujiperda</i>)	X	X		X			X	X	X	X	X	Subir ligeramente la lámina de agua	No se justifica	Control biológico (aves, insectos, benéficos)
Querez Blanca			X	X	X		X	X	X	X	IDAL	Eliminación de malezas	Aceites agrícolas	

1.4. Fuentes de nitratos

Los nitratos en nuestra dieta pueden provenir de los vegetales, las carnes curadas y los peces y el agua (ver tabla 16).

En el caso de la concentración de nitratos en aguas superficiales, esta es generalmente baja (0 -18 mg/L), pero puede ser mayor debido a la actividad agrícola o la contaminación causada por desperdicios humanos y animales (15). Para las aguas subterráneas, bajo condiciones anaeróbicas, la concentración de nitratos es menor y depende fuertemente del tipo de suelo o de la situación geológico. En Estados Unidos, el nivel natural nacional encontrado no excede el rango de 4 - 9 mg/L para nitratos y 0,3 mg/L para nitritos (15).

Tabla 17. Contenidos de nitrato y nitrito en carnes curadas (16)

Tipo de carne	Nitrato NO ₃ ⁻ (mg / kg)	Nitrito NO ₂ ⁻ (mg / kg)
Rueda parte superior	133 – 303	9 – 26
Jamón	370 – 511	7 – 150
Fiambres	59 – 214	3,1 – 47
Jamón y carne porcina picada	53 – 101	22 – 62
Cecina	118 – 135	18 – 208
Salchichas de Franckfurt	119 – 141	8,5 – 10,3

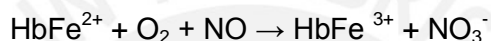
Los nitritos se utilizan en la curación de la carne para obtener el sabor característico de la carne, para conseguir el color rosado (17) e inhibir eficazmente el crecimiento de esporas de *Clostridia*, con la finalidad de prevenir casos de botulismo por alimentos que se conservan en condiciones anaeróbicas (16).

Ciertos vegetales, como la espinaca, zanahoria, rabanito, remolacha y apio, que normalmente contienen entre 100 y 800 ppm de nitratos, pueden alcanzar niveles de hasta 1000 ppm en suelos con alto contenido de nitratos (16). El 23º Informe del Comité Mixto de FAO/OMS de expertos en aditivos alimentarios indica que una ingesta diaria aceptable (IDA) está entre 0 - 0,5 mg/kg del peso corporal para nitratos y de 0,02 mg/ kg del peso corporal para nitritos (17).

1.5. Toxicología de nitratos

En un individuo sano, parte de los nitratos se absorben rápidamente en el tracto intestinal y pasan a la sangre siendo parcialmente evacuados por el riñón, mientras que la otra fracción puede ser metabolizada. En el caso de una sobredosis de nitratos, se presenta un proceso clínico llamado metahemoglobinemia, la cual es una condición potencialmente fatal debido al aumento de la metahemoglobina formada.

La metahemoglobina se presenta cuando los nitratos generados en el estómago se reducen a nitritos y estos oxidan el átomo de Fe^{2+} de la hemoglobina (Hb) a Fe^{3+} , con lo cual la hemoglobina resultante es incapaz de ligar reversiblemente el oxígeno. Esto se puede apreciar en la siguiente reacción.



En el adulto, el sistema enzimático (NADH-metahemoglobina-reductasa) puede reducir la metahemoglobina a hemoglobina. En un individuo sano, el contenido medio de metahemoglobina es inferior al 2% de la concentración de hemoglobina total. Un contenido aproximado del 10% de metahemoglobinemia puede producir cianosis asintomática, mientras que niveles entre 20-50% provocan cianosis manifiesta acompañada de signos y síntomas hipóxicos como debilidad, disnea por el ejercicio, cefalalgia, taquicardia y pérdida del conocimiento (16).

No se conoce la concentración letal de metahemoglobina pero se sabe que puede ocurrir la muerte a niveles superiores al 50%. Entre los efectos de la metahemoglobinemia se encuentran la disminución de la eficiencia vitamínica de la ración alimentaria, especialmente interactuando con la vitamina A y la vitamina del grupo B (16).

La asociación entre altos niveles de nitratos en agua y el síndrome del niño azul fue descrita inicialmente por Hunter Comly, en 1945, reportada en el estudio de Lynday Knobloch del 2000 (15), quien trató a dos infantes que habían consumido agua que contenía concentraciones elevadas de nitratos (619 y 388 mg/L) y que presentaban síntomas de cianosis (16). Esto se debe a que, en el caso de los lactantes, su sistema enzimático (NADH-metahemoglobina-reductasa) no está desarrollado sino hasta los 3 meses de edad, lo que los convierte en un grupo vulnerable. Esta población es aún más susceptible si presentan infecciones gastrointestinales. Otro grupo susceptible a la

formación de metahemoglobina son las mujeres embarazadas, adultos mayores y personas que presentan una deficiencia de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa (15).

En las figuras se puede observar la representación de la oxihemoglobina, metahemoglobina y la metahemoglobina en fase avanzada. La figura 4.a. muestra a 4 sub-unidades de globina (azul y morado) y un grupo hemo, compuesto de un anillo y un átomo de hierro en estado ferroso (marrón claro), al cual se liga el oxígeno (rojo) (18). La figura 4.b. muestra la oxidación del hierro, del grupo hemo, que pasa a estado férrico (marrón oscuro) y deformación de su anillo (18). Y la figura 4.c. muestra a la metahemoglobina en fase más avanzada de degradación con separación de los grupos hemo y globina, así como también la separación de las subunidades. (18)



Figura 4. Degradación de la hemoglobina

4.a. Oxihemoglobina. 4.b. Metahemoglobina. 4.c. Metahemoglobina en fase más avanzada de degradación (18)

Solo por citar un ejemplo, en 1972 la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos examinó alrededor de 350 casos de metahemoglobinemia en ese país y cerca de 1000 casos en Europa relacionados con la ingesta de nitratos en agua de pozo o en alimentos, lo que significó 41 y 80 muertes, respectivamente (16)

En la actualidad, no se ha encontrado información en el Perú sobre casos reportados de metahemoglobina pero esto no significa que no existan. El Ministerio de Salud del Perú no tiene entre las causas de mortalidad a la metahemoglobinemia, pero esto no significa que

no podría estar presente en el grupo de demás causas, el cual presenta el 40,6% de las causas de mortalidad en el departamento de La Libertad (ver tabla 17).

Tabla 17. Principales causas de mortalidad por sexo - departamento de la Libertad -2006
(19)

Grupo de causas	Total		Masculino		Femenino	
	N° personas	%	N° personas	%	N° personas	%
Total	4 874	100	2 588	100	2 286	100
Influenza (gripe) y neumonía	588	12,1	291	11,2	297	13,0
Tumores malignos de los órganos digestivos	443	9,1	214	8,3	229	10
Enfermedades cerebro-vasculares	347	7,1	167	6,5	180	7,9
Enfermedades hipertensivas	295	6,1	153	5,9	142	6,2
Enfermedades isquémicas del corazón	276	5,7	146	5,6	130	5,7
Otras enfermedades bacterianas	236	4,8	109	4,2	127	5,6
Enfermedades del hígado	207	4,2	124	4,8	83	3,6
Otras enfermedades del corazón	181	3,7	81	3,1	100	4,4
Accidentes de transporte	147	3,0	112	4,3	35	1,5
Insuficiencia renal	132	2,7	68	2,6	64	2,8
Síntomas, signos y hallazgos anormales clínicos y de laboratorio, no clasificados en otra parte.	42	0,9	25	1,0	17	0,7
Las demás causas	1 980	40,6	1 098	42,4	882	38,6

CAPÍTULO 2 PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Estaciones de muestreo

Bajo la premisa de que las actividades antropogénicas promueven el transporte de especies nitrogenadas desde las áreas superficiales hasta los acuíferos subterráneos, se eligieron estaciones de muestreo donde se identificó estas actividades (agrícola, ganadera o urbana) con el fin de relacionarlas con la calidad del agua (ver tabla 18 y figura 5); de igual forma la elección de las estaciones de muestreo se vieron influenciadas por el estudio previo de las curvas de isoprofundidad, el uso del suelo (ver figuras 2 y 3) por lo que se seleccionaron puntos de muestreo cercanos a los trabajados en el estudio de profundidad del acuífero en un valle costero (9) y la cercanía a los puntos seleccionados en el diseño de un programa de monitoreo de aguas superficiales en San Pedro de Lloc. (20)

Tabla 18. Estaciones de muestreo de aguas subterráneas- San Pedro de Lloc

Estaciones	Nombre de la estación	Coordenadas UTM		Altitud m.s.n.m.	Actividades	Estado
		Este	Norte			
P – 1	La Venturosa	665673	9178691	59	Actividad urbana / consumo	Uso
P – 2	Cortejana	665701	9180026	62	Cultivo de arroz	Uso
P – 3	Jatanca	667747	9181483	72	Cultivo de pimiento	Uso
P – 4	Cerro Puémape	662865	9171776	22	Ganadería / abandonado	Sin uso
P – 5	Cerro Puémape	662734	9171621	22	Ganadería / abandonado	Sin uso
P – 6	Buenos Aires	663818	9175567	33	Urbano / consumo	Uso
P – 7	Varrante Chicota	659650	9174270	12	Cultivo de arroz / abandonado	Sin uso
P – 8	San Demetrio	658895	9177425	12	Actividad urbana / consumo	Uso
P – 9	Pueblo Libre	659519	9178310	15	Actividad urbana / abandonado	Sin uso



Estación	Nombre
P-1	La Venturosa
P-2	Cortejana
P-3	Jatanca
P-4	Cerro Puémape 1
P-5	Cerro Puémape 2
P-6	Buenos Aires
P-7	Varrantes Chicota
P-8	San Demetrio
P-9	Pueblo Libre

Figura 5. Estaciones de muestreo en San Pedro de Lloc

Fuente: Google Earth

2.1.1. Estación 1 (P-1) La Venturosa

La estación P -1 se ubicó en el asentamiento humano La Venturosa que pertenece al distrito de San Pedro de Lloc. La Venturosa se encuentra a 0,60 kilómetros al este de la Plaza de Armas de San Pedro de Lloc y una zona de valle con acuífero superficial (ver figura 2 y 3). El agua de este pozo se bombea una vez al día, en las mañanas, y los pobladores la recolectan en recipientes para su posterior uso luego de una simple desinfección hirviendo el agua.



Figura 6. Estación de muestreo La Venturosa (P-1)

2.1.2. Estación 2 (P-2) Santiago de la Fuente- Cortejana

Ubicada en la zona agrícola denominada la Sexta, en el distrito de San Pedro de Lloc, esta estación de muestreo se ubicó en un área donde el principal cultivo es el arroz y se encuentra a 1,46 kilómetros al noreste de la Plaza de Armas de San Pedro de Lloc en una zona de valle con acuífero muy superficial (ver figura 2 y 3).



Figura 7. Estación de muestreo Santiago de la Fuente-Cortejana (P-2)

2.1.3. Estación 3 (P-3) Jatanca

Esta estación de monitoreo se ubicó a 4 kilómetros de la Estación P-2 en una zona de valle con acuífero muy superficial (ver figura 3 y 4). Está comprendida en un área agrícola donde se cultiva principalmente arroz y pimienta como cultivo alternativo, los cuales son regados con agua del canal de riego.

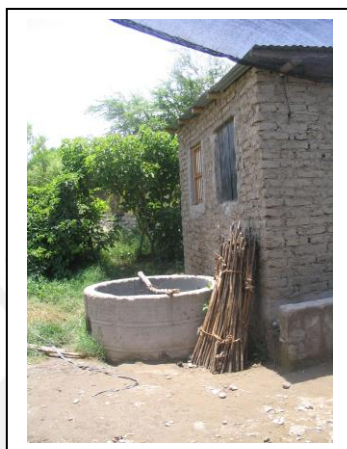


Figura 8. Estación de muestreo Jatanca (P-3)

2.1.4. Estación 4 (P-4) Cerro Puémape I

Ubicada a las afueras del asentamiento humano Puémape, a 7,49 kilómetros de la Plaza de Armas de San Pedro de Lloc en una zona de desierto con acuífero superficial (ver figura 2 y 3). Los habitantes conforman la población dispersa de San Pedro de Lloc y se dedican a la crianza de animales mayores y menores, como ganado vacuno, crianza de pollos, y al cultivo de alfalfa. El pozo se usaba principalmente en la ganadería, aunque también servía como fuente de agua para consumo humano. Al momento de realizar el segundo muestreo se estaban realizando trabajos en el pozo. Se debe resaltar que no se encuentran viviendas en los alrededores de este pozo.



Figura 9. Estación de muestreo Cerro Puémape I (P-4)

2.1.5. Estación 5 (P-5) Cerro Puémape II

Ubicada a las afueras del asentamiento humano Puémape, esta estación de muestreo se encontraba ubicada a 0,2 kilómetros de P-4, en una zona de desierto con acuífero superficial (ver figura 2 y 3). La estación P-5 es un pozo que se encontraba en desuso, pero en el año 2007 se estaba evaluando la posibilidad de usarlo para actividad agrícola, en el cultivo de cebolla. Esta estación de muestreo sirve como un punto de comparación con la estación P-4, al cotejar las diferencias que se encuentran entre pozos utilizados contra los abandonados en la misma zona y bajo las mismas condiciones y actividades humanas. Se debe resaltar que no se encuentran viviendas en los alrededores de este pozo.



Figura 10. Estación de muestreo Cerro Puémape II (P-5)

2.1.6. Estación 6 (P-6) Asentamiento Humano Buenos Aires.

Está ubicada en el asentamiento humano Buenos Aires, con una población total de 317 habitantes, 69,42% corresponden a trabajadores no calificados y el 17,34% son agricultores y pescadores (2). Se encuentra a 3,40 kilómetros al sur oeste de la Plaza de Armas de San Pedro de Lloc Las aguas de este pozo abastecen a muchas familias que habitan 101 viviendas en la zona. Las aguas de este pozo son bombeadas una vez al día y recolectadas en recipientes; posteriormente la comunidad hierve el agua para su uso.



Figura 11. Estación de muestreo Asentamiento Humano Buenos Aires (P-6)

2.1.7. Estación 7 (P-7) Pozo Varrantes Chicota

Está ubicada en un área agrícola a 7,3 kilómetros al sur oeste de la Plaza de Armas de San Pedro de Lloc, en un valle con acuífero muy superficial (ver figura 2 y 3). El pozo Varrantes – Chicota, pertenece a una familia que se dedica al cultivo de arroz empleando el riego por inundación. Al momento de realizar este trabajo el pozo se encontraba en desuso porque se estaba implementando otro.

Las aguas de este pozo serán analizadas en el grupo de agua para riego, clase 3, con la finalidad de evaluar sus características actuales y evaluar el deterioro en este rubro.



Figura 12. Estación de muestreo Pozo Varrantes Chicota (P-7)

2.1.8. Estación 8 (P-8) Pozo San Demetrio

Ubicada en el asentamiento humano San Demetrio con una población de 170 personas, con un total de 61 familias que se abastece de las aguas del pozo. Del total de la población, 59,68% de los habitantes son peones, 16,13% son vendedores y comerciantes, el 11,29% son agricultores y 11,29% son obreros de construcción (2). Este pozo se encuentra ubicado a 1,13 kilómetros de la estación P-9 y a 6,03 kilómetros al oeste de la Plaza de Armas de San Pedro de Lloc en valle con un acuífero intermedio (ver figura 2 y 3).

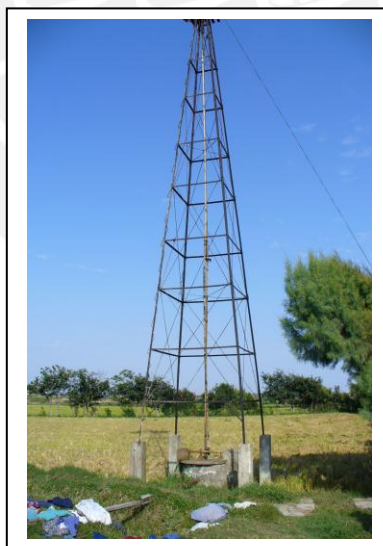


Figura 13. Estación de muestreo Pozo San Demetrio (P-8)

2.1.9. Estación 9 (P-9) Pozo Pueblo Libre

Ubicada en el asentamiento humano Pueblo Libre, que comprende un total de 31 familias y se encuentra cerca de la Estación P-8 en valle con un acuífero intermedio (ver figura 2 y 3). Esta estación se encuentra a 5,66 kilómetros al oeste de la Plaza de Armas de San Pedro de Lloc. En el momento de la toma de muestra la población cercana a la estación P-9 nos indicó que ellos advirtieron el sabor salado del agua de este pozo, motivo por el cual dejaron de utilizar esta agua como consumo humano y abandonaron este suministro.

Las aguas de este pozo serán analizadas en el grupo de agua para consumo humano aunque ya no se usen para esto, con la finalidad de evaluar sus características y evaluar el deterioro en este rubro.



Figura 14. Estación de muestreo Pozo Pueblo Libre (P-9)

2.2. Frecuencia de muestreo

En el distrito de San Pedro de Lloc se realizan 3 campañas agrícolas al año (ver tabla 19). La campaña principal se realiza entre los meses de setiembre y abril y comprende el cultivo de mayor importancia, el arroz. Por otro lado, la campaña complementaria se realiza de febrero a julio y la campaña chica de abril a agosto con una variedad de cultivos alternativos como el maíz, la alcachofa, cebolla, etc. (ver tabla 20).

Se reconoció el área de estudio durante un muestreo preliminar realizado en el año 2005, luego del cual se efectuaron dos muestreos: el primero el 20 de abril del 2007 y el segundo el 21 de junio del 2007 (ver tabla 19). Se debe resaltar que el primer muestreo se llevó a cabo al final de la campaña principal y a mediados de la campaña complementaria, mientras que el segundo se realizó a mediados de las campañas complementaria y chica.

Tabla 19. Campañas agrícolas en San Pedro de Lloc

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Fecha de muestreo												
Campaña Principal												
Campaña Complementaria												
Campaña chica												

Tabla 20. Campañas agrícolas principal, complementaria y chica en San Pedro de Lloc (2)

Campaña agrícola principal		Campaña agrícola complementaria		Campaña agrícola chica
2005 - 2006	2006 - 2007	2005 - 2006	2006 - 2007	2005 - 2006
Arroz	Arroz			
Maíz amarillo duro	Maíz amarillo duro	Maíz amarillo duro	Maíz amarillo duro	Maíz amarillo duro
Maíz blanco	Maíz blanco	Maíz blanco	Maíz blanco	
Menestras: chileno y frijol	Menestras: frijol	Menestras : loc tao, frijol, lenteja y chileno	Menestras : frijol y chileno	Menestras: frijol.
Permanentes: frutales, flores, caña soca, alfalfa y espárrago	Permanentes: frutales, flores, caña soca, alfalfa y espárrago			
Otros cultivos: tomate, cebolla y pimiento piquillo	Otros cultivos: tomate, cebolla y pimiento piquillo	Otros cultivos: cebolla, tomate, ajo y camote Sorgo	Otros cultivos: cebolla y alcachofa	Otros cultivos: tomate, cebolla, ajo, camote y alcachofa.

En base a los parámetros utilizados y acorde a los objetivos planteados en el presente trabajo, a la actividad económica que se desarrolla en la zona, el uso principal que se da al agua, el adecuado acceso a la zona de muestreo y equipos para la realización de dichos análisis, se seleccionaron los siguientes parámetros:

- pH
- Conductividad

- Temperatura
- Sólidos disueltos
- Sólidos suspendidos
- Sólidos totales
- Oxígeno disuelto
- DQO – Mn (oxidabilidad al permanganato)
- Alcalinidad
- Cloruros
- Nitratos
- Sulfatos
- Ortofosfato
- Fosfato total
- Dureza
- Metales totales (Cu, Pb, Fe, Cd)

En cada campaña de monitoreo se tomó un blanco viajero de cada análisis y 2 muestras por puntos de muestreo.

2.3. Métodos de análisis químicos

Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Química Ambiental y en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Sección Química de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Los instrumentos utilizados para realizar los análisis fueron un espectrofotómetro UV / VIS Lambda 2 Perkin Elmer y un espectrofotómetro de Absorción Atómica con detector de llama Modelo 3100 Perkin Elmer. Los equipos de campo usados fueron pHmetro Thermo Orion 230 A+, conductímetro Hanna Instruments HI 8820N y GPS Magellan. Los métodos utilizados en los análisis y las sensibilidades se presentan en la tabla 21.

Con la finalidad de contrastar los resultados de los análisis realizados en la Pontificia Universidad Católica del Perú se envió muestras del segundo muestreo al Laboratorio ALS Perú S.A. y al Laboratorio Certificaciones del Perú S.A. (CERPER). Los análisis solicitados fueron plomo, hierro, cadmio y cobre totales en las estaciones de monitoreo P-

1 y P-2. De igual manera, con la finalidad de verificar los resultados de nitratos, se envió una muestra la estación P-8 tomada en noviembre del 2007 al laboratorio acreditado CERPER.

Los métodos utilizados en este estudio fueron seleccionados del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, mencionados en la tabla 21. Los límites de detección indicados corresponden a valores experimentales.

Con la finalidad de garantizar la validez de los resultados, se realizaron en el laboratorio dos réplicas de cada análisis por muestra, según el requerimiento del análisis, se utilizaron patrones certificados y para el caso del análisis de nitratos se utilizó el método de adición estándar.

Tabla 21. Métodos de análisis. (21) (22)

Parámetro	Método	Nº de método	Límite de detección	Referencia
Sólido total disuelto	Gravimétrico	2540 C		21
Sólido total suspendido	Gravimétrico	2540 D		
Sólido total	Gravimétrico	2540 B		
Cloruros	Argentométrico	4500 B	8,53 mg/L Cl ⁻	
Nitrato	Espectrometría de Emisión UV	4500-NO ₃ ⁻ B	0,016 mg/L NO ₃ ⁻ N	
Fosfato	Espectrometría de Emisión UV	4500- PO ₄ ³⁻ E	3,5 µg/L P	
Sulfato	Turbidimétrico	4500- SO ₄ ²⁻ E	4,08 mg /L SO ₄ ²⁻	
Oxígeno disuelto	Método Azida	4500-O C	0,5 mg/L O ₂ mg/L	
Dureza	Argentométrico	2340 C	13,66 mg/L CaCO ₃	22
DQO - Mn	Argentométrico	410.4	0,98 mg/Lde DQO-Mn	
Cadmio	Absorción Atómica de Flama	213.1&2	0,017 mg/L de Cd	
Cobre	Absorción Atómica de Flama	220.1&2	0, 01 mg/L de Cu	
Fierro	Absorción Atómica de Flama	236.1&2	0,025 mg/L de Fe	
Plomo	Absorción Atómica de Flama	239.1&2	0,064 mg/L de Pb	
Alcalinidad	Volumétrico	2320 B	6,04 mg/L CaCO ₃	

2.3.1. Determinación de sólidos:

Sólidos Totales: método gravimétrico que determina la suma de sólidos disueltos y no disueltos que permanecen después de evaporación y secado a 105°C. Se utilizó una balanza Adventurer (TM) OHAUS con cuatro decimales.

Sólidos Disueltos: método gravimétrico que determina los sólidos que están presentes en la muestra luego de filtrarla y secarla a 105°C.

Sólidos Suspendidos: método gravimétrico que determina los sólidos de la muestra que no pasan el filtro y son secados a 105 °C.

2.3.2. Determinación de alcalinidad:

Método volumétrico que determina el contenido en bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos de una muestra de agua hallado por titulación con ácido clorhídrico 0,02 N.

2.3.3. Determinación de cloruros:

Método volumétrico que determina el contenido de cloruros se halla por titulación con nitrato de plata 0,0141 N, al precipitar como cloruro de plata.

2.3.4. Determinación de la dureza:

Método volumétrico que determina el valor de dureza representa el contenido de calcio y magnesio de una muestra de agua, expresado como mg/L de CaCO₃. La dureza se determina al agregar EDTA 0,01 M a la muestra con lo que se forma un complejo tipo quelato con los iones Ca²⁺ y Mg²⁺ presentes en una muestra de agua. Ya que este complejo no presenta color, para determinar el punto final de valoración se agrega un indicador metalocrómico, por ejemplo, negro de eriocromo-T, el cual forma un complejo coloreado con los cationes.

2.3.5. Determinación de nitratos:

La determinación de nitratos en aguas es compleja debido a la presencia de sustancias interferentes y los rangos de concentración limitados a cada técnica. Entre los métodos utilizados en la determinación de la concentración de nitratos en aguas se puede mencionar la cromatografía iónica, los métodos espectrofotométrico ultravioleta, del electrodo de nitrato, de reducción de cadmio de reducción con hidracina.

El método espectrofotométrico ultravioleta presenta una banda de absorción molecular a 220 nm para el ión nitrato, pero también para la materia orgánica, por lo que se realiza una segunda lectura a 275 nm de materia orgánica eliminando así esta interferencia. Esta técnica en comparación con el método de reducción por hidracina presenta, entre sus características principales, la baja demanda de tiempo y reactivos necesarios y su fácil ejecución comparativamente (23).

2.3.6. Determinación de sulfatos:

Método turbidimétrico que determina la concentración de sulfatos en el agua; el cual se realiza en medio ácido con cloruro de bario. El ión sulfato precipita como sulfato de bario, y se mide la absorbancia por espectrofotometría a 420 nm.

2.3.7 Determinación de fosfatos:

El fósforo inorgánico se determina por método espectrofotométrico, mediante la reacción del anión fosfato y el molibdato amónico en medio ácido en presencia de tartrato de antimonio y potasio y genera ácido fosfomolibdico; este se reduce con ácido ascórbico y genera una coloración azul debido al molibdato, la cual es fácilmente detectada por absorbancia a 880 nm.

2.3.8. Determinación de materia orgánica:

El método de oxidabilidad al permanganato se emplea para determinar el contenido de materia orgánica en aguas. Este método volumétrico se basa en la oxidación de sustancias orgánicas por permanganato de potasio 0,0125 N en medio ácido caliente.

2.4. Análisis estadístico

El análisis estadístico y la correlación de los resultados experimentales se realizaron mediante Microsoft Excel con la finalidad de estimar su relación e influencia en la calidad de las aguas.

Entre los parámetros que presentan una baja correlación son los que presentan un valor de 0 a 0,5 y los de mejor correlación son los que presentan valores entre 0,5 y 1 (ver tabla 22).

2.5. Disposición de residuos

Con la finalidad de proteger el medio ambiente y a la comunidad con el correcto manejo y eliminación de residuos químicos generados en el laboratorio, con previo conocimiento del tipo de sustancias y su grado de peligrosidad, se procedió a realizar una correcta eliminación.

Se tiene en cuenta que no se puede verter a la red pública de desagües sustancias radiactivas, corrosivas, venenosas, infecciosas o inflamables o que tengan carácter peligroso; se procede a almacenar provisoriamente en botellas color caramelo, para luego ser neutralizados, si así lo amerita, y posteriormente se gestiona la disposición final de las soluciones contaminadas y material de laboratorio con el apoyo de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Tabla 22. Correlación entre los diferentes parámetros analizados

Parámetros	pH	Conductividad	Temperatura	Sólidos disueltos	Sólidos suspendidos	Sólidos totales	oxígeno	DQO- Mn	Alcalinidad	Cloruros	orto fosfato	Sulfatos	Nitratos	Dureza
pH														
Conductividad	0,476													
Temperatura	-0,128	-0,204												
Sólidos disueltos	0,492	0,999	-0,219											
Sólidos suspendidos	0,276	0,336	-0,008	0,341										
Sólidos totales	0,498	0,999	1,000	1,000	0,600									
oxígeno	0,404	-0,148	0,070	-0,156	0,600	-0,138								
DQO- Mn	0,560	0,888	-0,149	0,891	0,414	0,891	-0,256							
Alcalinidad	0,161	0,756	-0,033	0,755	-0,478	0,748	-0,575	0,726						
Cloruros	0,525	0,893	-0,270	0,892	0,489	0,896	0,158	0,728	0,390					
orto fosfato	-0,291	0,356	0,115	0,348	-0,249	0,341	0,014	0,221	0,613	0,103				
Sulfatos	0,491	0,994	-0,183	0,995	0,329	0,994	-0,214	0,924	0,787	0,857	0,371			
Nitratos	0,198	-0,259	-0,267	-0,248	0,824	-0,227	0,818	-0,450	-0,709	-0,751	-0,520	-0,318		
Dureza	0,971	0,932	-0,189	0,931	-0,057	0,929	-0,173	0,790	0,870	0,732	0,352	0,923	-0,345	
Hierro	0,346	-0,055	0,045	-0,036	0,958	-0,012	0,648	-0,138	-0,391	0,178	-0,237	-0,089	0,763	-0,088

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Cabe recalcar que en el presente estudio se utilizaron los Estándares Nacionales de Calidad para Agua que rigen en el Perú. Estas se agrupan según el uso del que se da al recurso según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, Decreto Supremo N° 002- 2008 –MINAM, publicado en El Peruano el 31 de Julio del 2008 (24).

De acuerdo a esta norma, las aguas se clasifican según su uso de la siguiente forma:

- Categoría 1: Población y recreación.
 - Categoría 1A: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección.
 - Categoría 1B: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
 - Categoría 1C: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.
- Categoría 2: Actividades marino costeras.
- Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales.
- Categoría 4: Conservación del ambiente acuático.

Las aguas empleadas en la zona de estudio deben de cumplir con los requisitos de la categoría 1 y 3.

Los pozos P-1, P-6 y P-8 serán evaluados como clase 1. Ellos abastecen en la actualidad de agua para consumo a la población aledaña. El P-9, aunque se encuentre sin uso por la población, se evaluará como clase 1 ya que este fue el uso que le dieron en el pasado.

Los pozos P-2 y P-3 serán evaluados como clase 3; y en el caso de los pozos P-4, P-5, P-7 y P-9 serán evaluados en las dos categorías, como clase 1 y clase 3 (ver tabla siguiente).

Tabla 23. Clasificación del agua de las estaciones de muestreo según su uso

Estaciones	Nombre de la estación	Actividades	Estado	Clasificación del agua según su uso
P – 1	La Venturosa	Actividad urbana	Uso	Clase 1
P – 2	Cortejana	Cultivo de arroz	Uso	Clase 3
P – 3	Jatanca	Cultivo de pimiento	Uso	Clase 3
P – 4	Cerro Puémape	Ganadería	Sin uso	Clase 1 y clase 3
P – 5	Cerro Puémape	Ganadería	Sin uso	Clase 1 y clase 3
P – 6	Buenos Aires	Urbano	Uso	Clase 1
P – 7	Varrante Chicota	Cultivo de arroz	Sin uso	Clase 3
P – 8	San Demetrio	Actividad urbana	Uso	Clase 1
P – 9	Pueblo Libre	Actividad urbana	Sin uso	Clase 1

3.1. Datos de campo

Se presentan los resultados obtenidos en campo de las estaciones de muestreo (ver tabla 24).

El pH presenta una tendencia a la basicidad en todas las estaciones de muestreo y en las diferentes fechas en las que se realizó. En relación al mes de muestreo, se destaca una disminución en el mes de junio de aproximadamente 0,3. La mayor diferencia de pH de una estación de muestreo, en diferentes meses, se vio en la estación P-8 (San Demetrio) y la estación P-3 (Jatanca) con un incremento de 0,55 en el mes de junio respecto al de abril.

Respecto a la temperatura, en las estaciones de muestreo se aprecia un incremento aproximado de 3 °C en comparación al mes de abril.

Respecto a la conductividad, esta varía en los diferentes estaciones de muestreo y en diferentes fechas de monitoreo, siendo la mayor lectura en la estación P-7 en el mes de junio (5000 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y la menor en la estación P-2 (511 $\mu\text{s}/\text{cm}$) en el mes de abril.

Tabla 24. Datos de campo

Estaciones	pH		Temperatura °C		Conductividad iónica $\mu\text{s}/\text{cm}$ 25°C	
	abril	junio	abril	junio	abril	junio
P-1	7,40	7,91	27,60	23,40	2 120	1 554
P-2	8,04	8,05	25,40	25,00	511	761
P-3	7,11	7,66	25,00	23,30	720	673
P-4	7,88	8,07	25,00	22,30	1 440	1 334
P-5	7,48	7,82	24,80	20,30	1 595	1 549
P-6	7,88	8,13	24,20	18,70	748	693
P-7	7,88	8,35	25,00	21,10	4 960	5 000
P-8	7,21	7,76	24,20	21,30	842	971
P-9	8,05	8,28	25,00	21,00	2 975	2 600
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)						
Categoría 1 - A1	6,5 - 8,5		-	-	1 500	
Categoría 1 - A2	5,5 - 9,0		-	-	1 600	
Categoría 1 - A3	5,5 - 9,0		-	-	*	
Categoría 3	6,5 - 8,5		-	-	< 2 000	

* Para esta subcategoría el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

3.2. Análisis químico

Los análisis se realizaron en la Pontificia Universidad Católica del Perú utilizando los métodos mencionados en la tabla 21.

3.2.1. Sólidos totales, disueltos y suspendidos

Generalmente, la concentración de los sólidos disueltos y totales es mayor en las estaciones de muestreo de pozos que han dejado de usar (P-7 y P-9). Sólo en el caso de las estaciones 4, 5 y 9, la concentración de sólidos aumentó en el segundo monitoreo. Se debe señalar que en las estaciones 4 y 5 el aumento es más notorio que en el 9. En todas las demás estaciones de muestreo, la concentración de sólidos suspendidos en el mes de junio decae (ver tabla 25).

Tabla 25. Niveles de sólidos disueltos, suspendidos y totales (mg/L)

Estaciones	abril			junio		
	sólidos disueltos	sólidos suspendidos	sólidos totales	sólidos disueltos	sólidos suspendidos	sólidos totales
P-1	1 643,00	2,17	1 645,17	1 188,50	1,82	1 190,32
P-2	396,00	16,52	412,52	584,00	1,67	585,67
P-3	555,00	1,74	556,74	560,00	1,25	561,25
P-4	1 114,50	3,91	1 118,41	1 150,50	95,00	1 245,50
P-5	1 239,30	6,52	1 245,82	1 195,50	27,50	1 223,00
P-6	583,50	7,39	590,89	631,50	0,83	632,33
P-7	3 847,50	35,65	3 883,15	4 324,50	17,08	4 341,58
P-8	656,00	4,78	660,78	746,50	1,67	748,17
P-9	2 306,50	1,30	2 307,00	2 215,50	1,67	2 217,17
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)						
Categoría 1 - A1	1 000,00	-	-	1 000,00	-	-
Categoría 1 - A2	1 000,00	-	-	1 000,00	-	-
Categoría 1 - A3	1 500,00	-	-	1 500,00	-	-

3.2.2. Oxígeno disuelto

La concentración de oxígeno disuelto aumentó notoriamente en el segundo monitoreo en el caso de las estaciones 4 y 5. De igual forma, se observó un aumento en los pozos 1 y 6 (agua de uso humano) (ver tabla 26).

Tabla 26. Niveles de oxígeno disuelto (mg/L)

Estaciones	abril	junio
P-1	6,13	8,38
P-2	9,17	7,52
P-3	5,32	3,98
P-4	5,76	11,64
P-5	4,61	10,14
P-6	6,74	7,08
P-7	6,67	5,53
P-8	4,51	2,52
P-9	4,19	2,84
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)		
Categoría 1 - A1	≥6	
Categoría 1 - A2	≥5	
Categoría 1 - A3	≥4	
Categoría 3	≥4	

3.2.3. Demanda química de oxígeno

En el caso de la materia orgánica, se puede ver cómo disminuye la concentración conforme se suspende la actividad de cultivo, como es el caso de la estación 2 en el segundo monitoreo realizado.

La estación 7 registró el valor de materia orgánica más elevado en los dos meses de monitoreo; mientras que el valor más bajo fue registrado en el mes de abril en la estación 6 (ver tabla 27).

Tabla 27. Niveles de demanda química de oxígeno (DQO- Mn mg/L)

Estaciones	abril	junio
P-1	4,45	2,75
P-2	7,08	1,83
P-3	1,98	2,28
P-4	0,90	1,48
P-5	1,23	1,55
P-6	< 0,85	1,48
P-7	19,10	22,38
P-8	3,40	2,58
P-9	7,00	6,20
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)		
Categoría 1 - A1	10	
Categoría 1 - A2	20	
Categoría 1- A3	30	
Categoría 3	40	

3.2.4. Alcalinidad, cloruros, sulfatos y dureza

En los dos muestreos realizados en la estación 7 se encontraron las máximas concentraciones de alcalinidad, cloruros, sulfatos y dureza. Los menores valores de cloruros se observaron en las zonas cercanas al distrito de San Pedro de Lloc donde el uso del agua es para consumo humano y agrícola (ver tabla 28).

Tabla 28. Niveles de alcalinidad, cloruros, sulfatos y dureza

Estaciones	abril				junio			
	alcalinidad mg/L CaCO ₃	cloruros mg/L Cl ⁻	sulfatos mg/L SO ₄ ²⁻	dureza mg/L CaCO ₃	alcalinidad mg/L CaCO ₃	cloruros mg/L Cl ⁻	sulfatos mg/L SO ₄ ²⁻	dureza mg/L CaCO ₃
P-1	543,51	121,00	481,84	692,52	494,71	75,87	343,16	546,14
P-2	228,75	17,50	87,94	219,06	288,53	20,75	145,64	311,90
P-3	297,07	21,50	104,29	346,63	311,71	17,12	88,87	351,35
P-4	148,23	251,74	262,03	335,83	150,67	247,62	258,11	383,40
P-5	151,89	299,24	254,86	369,20	156,77	288,87	279,43	400,66
P-6	292,80	20,00	83,07	331,42	304,39	17,62	93,44	373,54
P-7	624,64	517,99	1 466,51	771,51	651,48	597,36	1 800,94	920,91
P-8	300,12	47,25	156,13	339,52	341,60	50,25	181,46	334,09
P-9	570,35	215,99	820,52	615,17	584,99	194,74	823,11	605,31
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)								
Categoría 1 - A1	-	250	250	500	-	250	250	500
Categoría 1 - A2	-	250	*	*	-	250	*	*
Categoría 1- A3	-	250	*	*	-	250	*	*
Categoría 3	-	100-700	*	-	-	100-700	*	-

* Para esta subcategoría el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

3.2.5. Orto fosfato y fosfato total

Para el segundo monitoreo se implementó el análisis de fósforo total en el agua comprendiendo así el fósforo orgánico producto de la descomposición de la materia orgánica procedente de las aguas residuales domésticas o criaderos.

Las mínimas concentraciones de orto fosfato se registraron en el primer monitoreo en el área del desierto, estaciones 4 y 5. También se observa que en el primer monitoreo la zona con mayor concentración de ortofosfato es la estación 2, cultivo de arroz. En comparación con la estación 3, zona cercana pero con otro tipo de cultivo, el ortofosfato presentó una gran variación en concentración.

En el segundo monitoreo, la concentración en la estación 2 bajó hasta 0,05884 mg/L. En la estación de muestreo 9 se aprecia un incremento de la concentración hasta 0,144 mg/L.

Tabla 29. Niveles de orto fosfato y fosfato total

Estaciones	abril		junio	
	orto fosfato mg/L	fosfato total µg/L	orto fosfato mg/L	fosfato total µg/L
P-1	0,05095	-	0,04972	0,05619
P-2	0,16527	-	0,05884	0,07296
P-3	0,00749	-	0,01192	0,03273
P-4	0,00771	-	0,02595	0,23643
P-5	0,00558	-	0,01694	0,01501
P-6	0,01358	-	0,00414	0,02267
P-7	0,02768	-	0,04892	0,21695
P-8	0,06579	-	0,05750	0,06913
P-9	0,08194	-	0,14416	0,23172
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)				
Categoría 1 - A1	-	0,1	-	0,1
Categoría 1 - A2	-	0.15	-	0.15
Categoría 1- A3	-	0,15	-	0,15
Categoría 3	-	1	-	1

3.2.6. Cobre, fierro, plomo y cadmio

En los dos muestreos realizados, las concentraciones de cobre y fierro se encontraron por debajo de los límites de detección respectivos.

Respecto a los análisis de plomo y cadmio, como se mencionó en la tabla de métodos de análisis, tabla 21, el límite de detección de los análisis de cadmio y plomo son 0,017 mg/L de Cd y 0,064 mg/L de Pb, respectivamente. Esto indica que los límites de detección de los análisis son mayores a los valores de los Estándares Nacionales de Calidad para el Agua; por lo que se decidió enviar a analizar a ALS Perú S.A. las muestras P-1 y P-2 del segundo muestreo, ver tabla 30.

Tabla 30. Resultados de ALS Perú S.A.

	P-1	P-2
Cd Total mg/L	< 0,00025	< 0,00005
Pb Total mg/L	0,00098	0,000554

Los resultados del laboratorio externo ALS Perú S.A. confirman que las concentraciones obtenidas de las muestras enviadas se encuentran por debajo de los valores de los estándares nacionales de calidad ambientales para el agua.

Tabla 31. Niveles de cobre, fierro, plomo y cadmio mg/L

Estaciones	abril				junio			
	cobre	fierro	plomo	cadmio	cobre	fierro	plomo	cadmio
P-1	< 0,01	0,0514	< 0,064	< 0,017	< 0,01	< 0,025	< 0,064	< 0,017
P-2	< 0,01	0,0579	< 0,064	< 0,017	< 0,01	0,0706	< 0,064	< 0,017
P-3	< 0,01	0,0482	< 0,064	< 0,017	< 0,01	0,0300	< 0,064	< 0,017
P-4	< 0,01	0,0547	< 0,064	< 0,017	< 0,01	3,3916	< 0,064	< 0,017
P-5	< 0,01	0,0514	< 0,064	< 0,017	< 0,01	0,0374	< 0,064	< 0,017
P-6	< 0,01	< 0,025	< 0,064	< 0,017	< 0,01	< 0,025	< 0,064	< 0,017
P-7	< 0,01	0,1458	< 0,064	< 0,017	0,0135	0,3628	< 0,064	< 0,017
P-8	< 0,01	0,0872	< 0,064	< 0,017	< 0,01	0,0411	< 0,064	< 0,017
P-9	< 0,01	0,2174	< 0,064	< 0,017	< 0,01	0,1298	< 0,064	< 0,017
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)								
Categoría 1 - A1	2	0,3	0,01	0,003	2	0,3	0,01	0,003
Categoría 1 - A2	2	1	0,05	0,003	2	1	0,05	0,003
Categoría 1 - A3	2	1	0,05	0,01	2	1	0,05	0,01
Categoría 3	0,2	1	0,05	0,005	0,2	1	0,05	0,005

3.2.7. Nitratos

Las concentraciones más altas en los dos monitoreos se observaron en el área cercana al Cerro Puémape, es decir cercanas al mar, en las estaciones 4 y 5. También se puede ver como se incrementó la concentración de nitratos en la estación de muestreo 6 la cual disminuye en junio (ver tabla 32).

El laboratorio CERPER indicó que la muestra de la estación 8 tomada en noviembre del 2007 contenía 3.32 mg NO₃ /L, es decir 0,75 mg N- NO₃ /L (ver figura 15) y el resultado obtenido en el Laboratorio de Química Ambiental de la Sección Química de la Pontificia Universidad Católica del Perú fue de 0,73 mg N- NO₃ /L.

Tabla 32. Niveles de nitratos

Estaciones	Abril	Junio
	Nitratos [N -NO ₃ ⁻] (mg/L)	Nitratos [N-NO ₃] (mg/L)
P-1	0,88	0,78
P-2	0,67	1,23
P-3	1,01	0,91
P-4	4,87	5,08
P-5	3,96	3,75
P-6	3,52	2,72
P-7	0,53	0,63
P-8	0,64	0,54
P-9	0,69	0,76
Estándares nacionales de calidad ambiental para agua (24)		
Categoría 1 - A1	10	
Categoría 1 - A2	10	
Categoría 1- A3	10	
Categoría 3	10	



INFORME DE ENSAYO N° 3-10028/07

Pág. 1 / 1

Solicitante : VINELLI RAMÍREZ, NATALIA
 Domicilio Legal : José Gregorio Paredes N° 119 – Pueblo Libre
 Producto : AGUA DE POZO
 Cantidad de muestra : 01 muestra x 500 mL aprox.
 Identificación de la muestra : POZO BARRANTES
 Forma de Presentación : En frasco de plástico , cerrado y conservado a temperatura ambiente
 Fecha de recepción : 2007 – 12 – 03
 Fecha de inicio del ensayo : 2007 – 12 – 07
 Fecha de término del ensayo : 2007 – 12 – 07
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental
 Identificada con : H/S 070310782 (24939)
Muestra proporcionada por el solicitante

Ensayo	Resultado
Nitratos (mg/L)	3.32

Método:
 Nitratos : EPA Method 354.1 1999 Nitrogen, Nitrite (Espectrofotometric).

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este Informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
 Los resultados de los ensayo no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de Diciembre del 2007
 LA

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. NUMA AVALOS ESQUIVEL
 COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

CALLAO:
 Av. Santa Rosa 801 - La Perla
 Telf: 420-4145
 Fax: 420-4128
 Apartado Postal 271 - Callao (4)
 E-mail: info@cerper.com
 Web: http://www.cerper.com
 GL-IN-EN

OF. SAN ISIDRO:
 Av. Javier Prado Este
 897 Of. 52
 Telf: 422-9656 / 440-2349
 Telefax: 422-8336
 E-mail: cerper@terra.com.pe

PAITA:
 Plaza de Armas 220
 Telefax: 073-611438 / 073-611554
 073-611276
 E-mail: cerper@terra.com.pe

ILO:
 Mariano Lino Urculeta 741
 Telefax: 053-782181
 E-mail: cerper@terra.com.pe

CHIMBOTE:
 Av. José Carlos Mariátegui s/n
 Centro Cívico Urb. Buenos Aires
 Telf: 043-311048
 Fax: 043-311774
 E-mail: cerper@terra.com.pe

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

Figura 15. Resultado de laboratorio CERPER

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La calidad de las aguas subterráneas podría estar influenciada principalmente por la actividad agrícola y urbana y en menor escala la actividad ganaderas que se realiza en el área de estudio.

San Pedro de Lloc se encuentra ubicado en la parte meridional del valle bajo del río Jequetepeque en un medio árido, siendo el principal cultivo el arroz, con más del 70% de sus tierras cultivadas con este cereal.

No se puede descartar la posible contaminación de nitratos por la actividad urbana ya que el área de estudio comprende zonas urbana y rural. Se estima que la cantidad de nitrógeno en desechos humanos es aproximadamente 5 kg por persona al año y en efluentes de tanques sépticos, los iones amonio se pueden convertir en nitratos. (12)

Las reacciones de conversión de iones amonio a nitratos son:



Dado que las aguas del acuífero son de consumo humano, una contaminación con nitratos podría implicar un riesgo en la salud debido a la asociación de los nitratos y el síndrome de metahemoglobinemia.

Respecto a la actividad ganadera, se sabe que las excretas de animales en áreas agrícolas contienen sustancias nitrogenadas susceptibles a convertirse en nitratos.

De esta manera, 9 estaciones de muestreo en la zona, representan diferentes actividades económicas, el uso que se le da al agua, la disponibilidad de recursos para realizar el muestreo y la facilidad para acceder y tomar muestras de las aguas de los pozos. Se eligieron zonas de muestreo cercanas a los cultivos de arroz y pimiento, con la finalidad de evaluar la influencia del tipo de cultivo sobre el contenido de nitratos; ya que no tenemos información de la cantidad de fertilizante nitrogenado que usa cada cultivo.

Los parámetros utilizados para evaluar la contaminación de las aguas subterráneas se clasifican en seis grupos:

1. Físicos
2. Químicos
3. Orgánicos
4. Radiológicos
5. Biológicos
6. Microbiológicos

Los parámetros químicos recomendados en la literatura para evaluar la contaminación de agua subterránea se presentan en la tabla 33.

Tabla 33. Parámetros comúnmente utilizados para evaluar la contaminación de aguas subterráneas (11)

Parámetros recomendados		
Apariencia	<i>E. Coli</i>	Sulfato (SO_4^{2-})
Sedimentos	Magnesio (Mg)	Alcalinidad
pH	Sodio (Na)	Nitrato (NO_3^-)
Conductividad eléctrica	Potasio (K)	Amoníaco (NH_3)
Dureza total	Cloruro (Cl^-)	Manganeso (Mn)
Coliformes generales	Calcio (Ca)	Hierro (Fe)
Parámetros opcionales (dependiendo de las circunstancias locales y razones de muestreo)		
Fluoruro (F)	Ácidos grasos	Cinc (Zn)
Fósforo disuelto	Trazas de orgánicos	Cobre (Cu)
Nitrito (NO_2^-)	Carbono Orgánico Total (COT)	Plomo (Pb)
Oxígeno disuelto	Boro (B)	Otros metales
DBO ₅	Cadmio	

De todo el grupo se seleccionó:

Análisis de campo y laboratorio que indican de forma rápida alguna anomalía en el agua.

- pH, conductividad, temperatura, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, sólidos totales.
- Análisis de laboratorio que podrían indicar una contaminación por presencia de materia orgánica, introducción de agua de mar, contaminación por actividad humana (agrícola, ganadera, minera o urbana) y cuyos análisis se podrían realizarse en el laboratorio
- Oxígeno disuelto, DQO – Mn (oxidabilidad al permanganato), alcalinidad, cloruros, nitratos, sulfatos, ortofosfato, fosfato total, dureza, metales totales (Cu, Pb, Fe, Cd)

4.1. pH

El pH es un indicador de la calidad del agua que muestra su tendencia a la acidez o la alcalinidad. Es muy importante ya que avisa si hay algún problema de contaminación en las aguas como derrames mineros o industriales, lo cual se evidencia rápidamente con un cambio a pH más ácidos.

Por otro lado, algunos procesos químicos sólo pueden ocurrir cuando el agua presenta un determinado valor de pH. El pH del agua favorece o no la solubilidad, es decir, la cantidad de nutrientes (fósforo, nitrógeno y carbono) y metales pesados (plomo, cobre, cadmio, etc.) que pueden disolverse y la disponibilidad, cantidad de soluto que puede ser utilizada por la vía acuática. Así, un cambio en el pH puede aumentar la solubilidad del fósforo, lo que lo hace más disponible para las plantas, repercutiendo así en una mayor demanda de oxígeno disuelto (25). En el caso de los metales pesados, el grado de solubilidad determinará cuán tóxicos son; los metales tienden a ser biodisponibles a pH bajos (25).

La disponibilidad de los distintos elementos para las plantas varía según el pH del agua de riego, que debe estar entre 5,5 y 6. Por ejemplo, por encima de un pH 5,5 y 6, la disponibilidad del boro y del magnesio disminuye por debajo; hay deficiencia de molibdeno (26).

La solubilidad de iones básicos como F^- , OH^- , S^{2-} , CO_3^{2-} , $C_2O_4^{2-}$, PO_4^{3-} aumenta a pH básicos (27).

La acidez afecta la solubilidad del fósforo, a condiciones ácidas los fosfatos de hierro y aluminio son muy insolubles en agua. A condiciones alcalinas los compuestos de fósforo con el magnesio, el calcio y el sodio, son insolubles. El mejor pH para la solubilidad de fósforo está entre 5,5 y 7 (28).

En el caso de los metales pesados, el grado de solubilidad determinará cuan tóxicos son; los metales tienden a ser más biodisponibles a bajos pH (25).

En aguas naturales con una cadena trófica instalada, el pH puede estar entre 6,8 y 8,5.

Para el agua de clase 1 y 3, la norma peruana indica que los valores de pH deben encontrarse entre estos 6,5 y 8,5. En todas las muestras obtenidas, el pH se ubica entre

este máximo y mínimo (8,5 y 6,5) (ver figura 16), por lo que se puede concluir que el pH, aunque con alguna ligera variación entre campañas agrícolas, se mantiene dentro del intervalo indicado sin mayores cambios durante todo año.

El promedio de los resultados obtenidos de pH fue de 7,83, indicando así una tendencia ligera a la basicidad, pero todas se encuentran entre el rango establecido según su categoría.

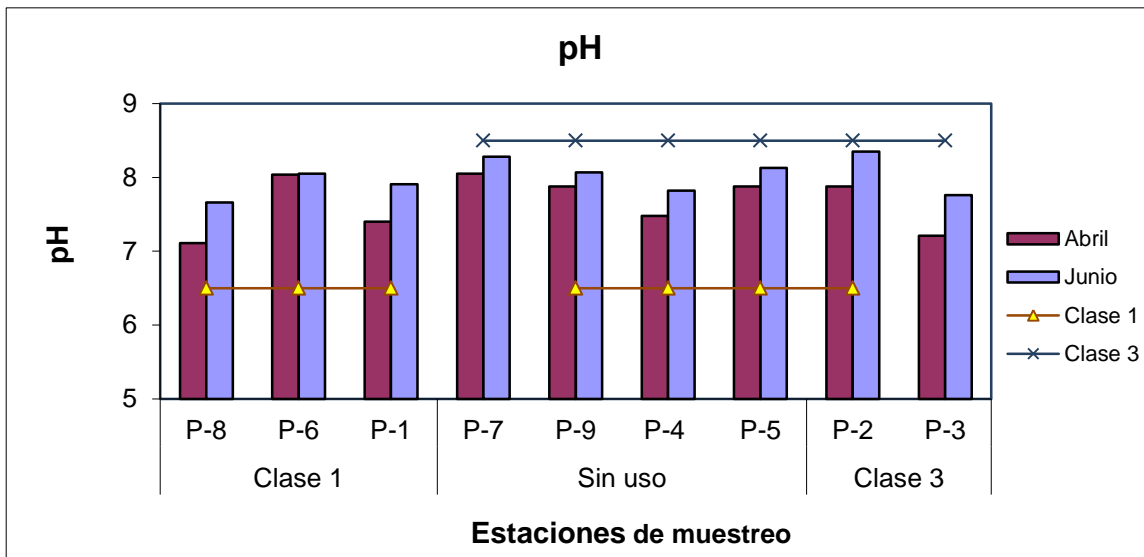


Figura 16. Monitoreo del pH

4.2. Alcalinidad

La alcalinidad es la capacidad del agua para neutralizar ácidos. La alcalinidad es la suma del contenido de bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), e hidróxidos (OH^-) en el agua. El contenido de la alcalinidad inferior a 20 mg/L de CaCO_3^- indica que las aguas son muy sensibles a la contaminación ya que no presentan capacidad para oponerse a las modificaciones que generen disminuciones de pH (acidificación).

Todas las aguas de los pozos muestreados en la zona presentan alto nivel de alcalinidad. Los pozos abandonados P-7 y P-9 presentan los niveles de concentración más altos de alcalinidad. Las estaciones de muestreo con menor nivel de alcalinidad son P-4 y P-5, es decir, los pozos ubicados en el desierto (ver figura 17).

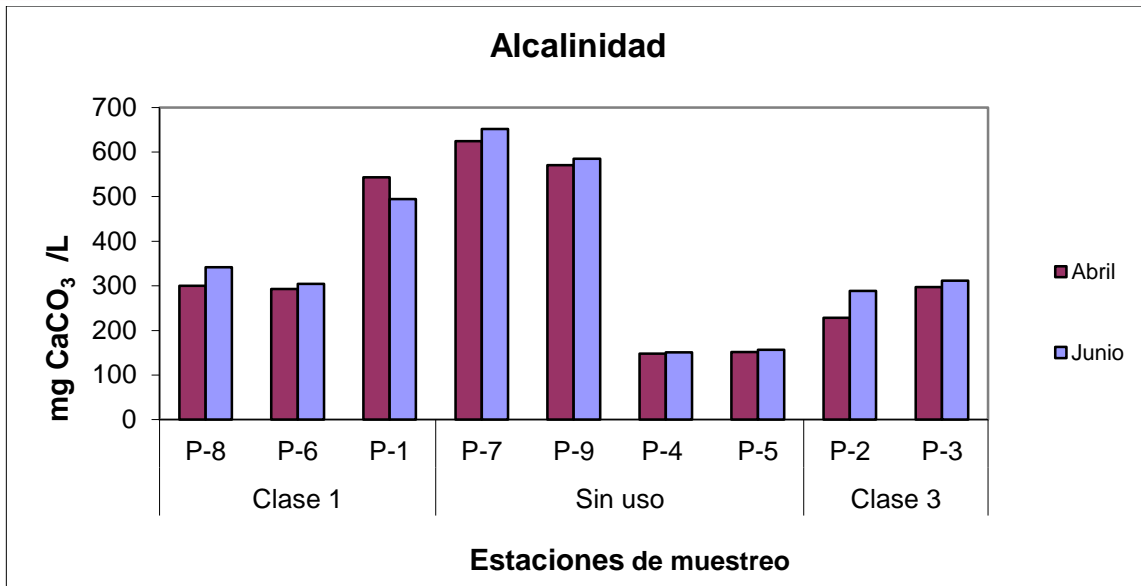


Figura 17. Monitoreo de alcalinidad

4.3. Conductividad

La conductividad depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua. Esta dependencia se confirma al observar el valor de la correlación de la conductividad y sólidos disueltos, el cual es 0,999 (ver tabla 22).

Estos valores de conductividad sugieren la presencia de iones en mayor concentración al límite. Fue determinado cuáles iones estarían presentes para luego poder determinar su origen.

En relación a los resultados de las aguas de pozo de clase 3, se puede apreciar que solo uno de los pozos pertenecientes a esta clase presentó una concentración mayor al límite máximo permitido de 2 000 μ S. Este es el caso del pozo P-7 que se encuentra en desuso en medio de áreas de cultivo (ver figura 18).

Los pozos en abandono, P-4 y P-5, se evaluaron bajo los parámetros de la clase 1 y 3, para evaluar el posible uso de sus aguas en un futuro. Según este análisis, estos pozos cumplirían con ambas clases, 1 y 3.

Con respecto a los pozos de consumo humano, es decir, clase 1, pozo P-1, P-6 y P-8, estos deben presentar una conductividad menor que $1\,500\ \mu\text{S}$. Los pozos P-1 y P-9 incumplen esto, presentando un valor mayor, $2\,120$ y $2\,925\ \mu\text{S}$ respectivamente. El último pozo se encuentra abandonado por la población ya que ellos indican que el agua presenta un sabor salado.

En resumen, solo uno de los pozos presentó una lectura mayor a la establecida, el pozo P-7 el cual se encuentra en desuso en medio de áreas de cultivo

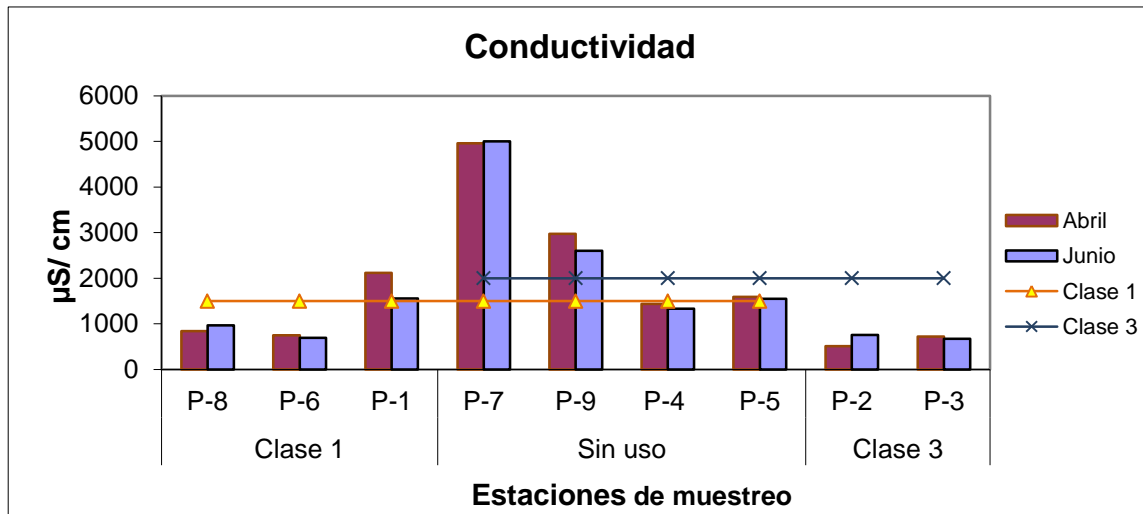


Figura 18. Monitoreo de la conductividad

4.4. Sólidos

4.4.1. Sólidos totales

Los sólidos totales en el agua nos indican que cantidad de sólidos disueltos y sólidos suspendidos están presentes en la muestra de agua.

4.4.2. Sólidos disueltos

Los sólidos disueltos están relacionados con la conductividad y la presencia de iones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitros, sodio, potasio, calcio y magnesio) que son capaces de transportar carga eléctrica. El uso de agua con sólidos disueltos en

suelos de poca lixiviación incrementa la acumulación de sales en él y disminuye la productividad hasta poder detener por completo el surgimiento de cultivos (29).

Como se puede apreciar, la mayor presencia de sólidos disueltos se encuentra en los pozos que la población dejó de utilizar P-7 y P- 9, los pobladores argumentan que percibieron un sabor extraño en las aguas de estos pozos (ver figura 19).

Los sólidos disueltos presentan una relación directa con la conductividad, alcalinidad, cloruros, sulfatos, dureza y DQO – Mn, como se puede ver en los valores de correlación (ver tabla 22).

Para la clase 3, el Perú no tiene un valor definido para este parámetro, por lo que utilizamos el valor la FAO en el que indica que debe encontrarse en un valor menor a 450 mg/L. Ninguna de las muestras tomadas cumple, a excepción del primer muestreo del pozo P-2.

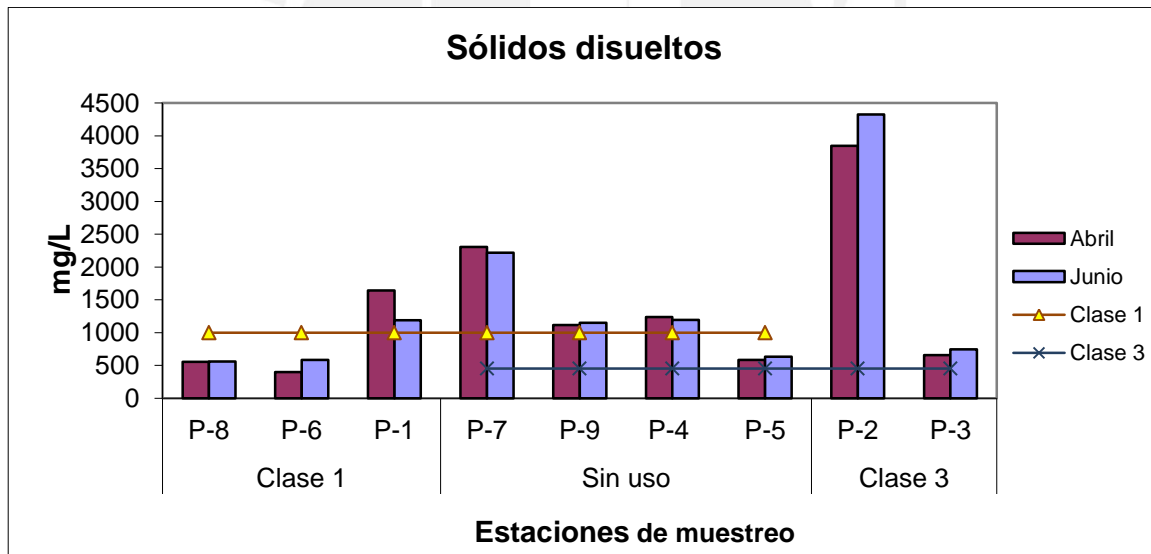


Figura 19. Monitoreo de sólidos disueltos

4.4.3. Sólidos suspendidos

Los sólidos suspendidos comprenden materia suspendida en el agua que no decanta en forma natural. Están compuestos, por lo general, por sustancias y restos minerales y orgánicos de diversa procedencia.

Los sólidos suspendidos comprenden material orgánico e inorgánico. Esto es importante evaluar porque afectan la actividad agrícola sellando el suelo al conservarse en la superficie, reduciendo la infiltración con lo que impide así la germinación de la semilla.

Los sólidos suspendidos (ver figura 20) en las hojas impiden la actividad fotosintética, disminuye el crecimiento y tapa los aspersores en los cultivos; pero la presencia de sólidos suspendidos en suelos arenosos o con poca materia orgánica puede mejorar la estructura e incrementa la capacidad de retención de agua.

Para las clases 1 y 3, los sólidos suspendidos de las estaciones de muestreo no sobrepasan los parámetros establecidos.

Para el caso del agua de la clase 1, los pozos P-1 y P-9 sobrepasan el valor máximo de 1 000 mg/L.

En el segundo monitoreo, los pozos P4 y P-5, en desuso, también presentan un nivel mayor al establecido para la clase 1 y 3.

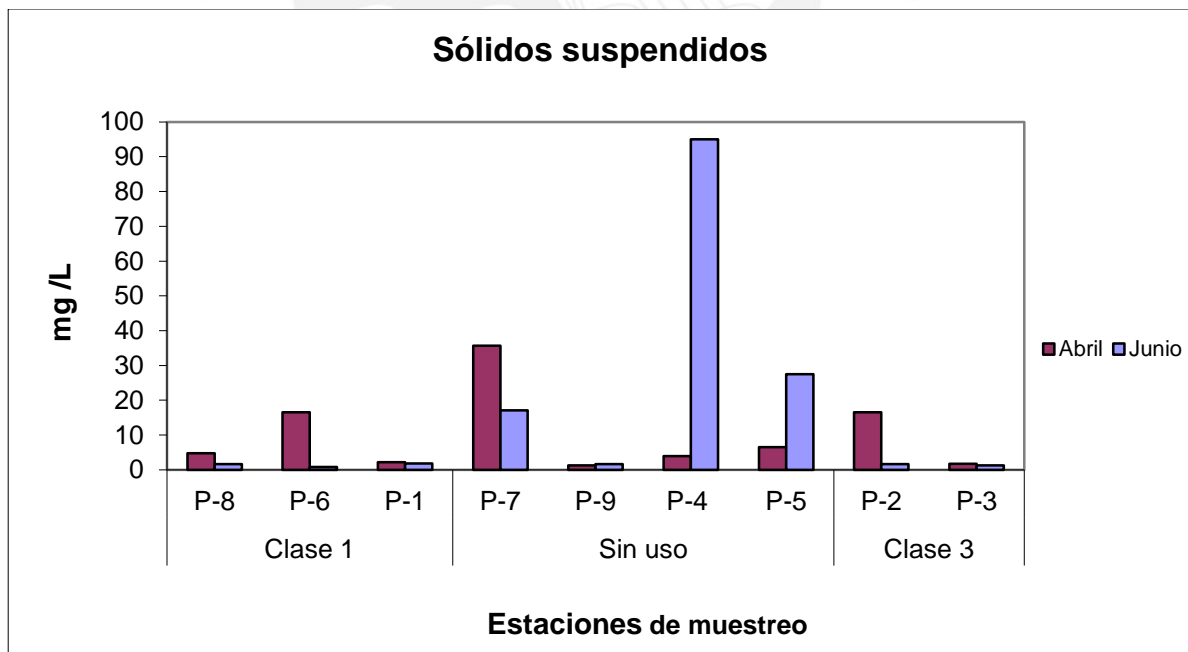


Figura 20. Monitoreo de sólidos suspendidos

4.5. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto en el agua es un indicador de la calidad del agua y un factor determinante de vida acuática. Por ejemplo, si el agua contiene microorganismos, bacterias y materia orgánica, la concentración de oxígeno disuelto disminuye indicando una baja calidad y un riesgo para la salud. La solubilidad del oxígeno en el agua disminuye con el aumento de la salinidad, disminución de la presión atmosférica y el aumento de la temperatura.

Se espera que la concentración de oxígeno disuelto en el agua de pozo sea menor que en el río por la falta de turbulencia y caídas de agua. Esto se puede corroborar al comparar los resultados de oxígeno disuelto de las aguas superficiales obtenidos otro trabajo en agua superficial en San Pedro de Lloc (25), donde el promedio de oxígeno disuelto fue 7 mg/L, en comparación con el obtenido aquí que fue de 6,6 mg/L. Generalmente las aguas subterráneas presentan entre 0 a 5 mg/L de oxígeno disuelto y en el caso del agua de río, el oxígeno disuelto debería estar presente entre 3 a 5 mg/L. (30)

Los pozos P-1 y P-6, presentan una predisposición a aumentar la concentración de oxígeno disuelto en el segundo monitoreo. Esto podría deberse a que las aguas de estos pozos son usadas con mucha frecuencia por la población, lo que haría la diferencia con los otros pozos, cuyas aguas no son usadas con tanta frecuencia como P-8 y P-9.

Durante el segundo monitoreo se encontraban bombeando las aguas del pozo P-4 por lo que su cantidad de oxígeno se vio incrementada por fuentes físicas y externas a lo habitual; este fenómeno podría estar afectando las aguas del pozo P-5, por lo que la concentración de oxígeno disuelto en aguas también se ve incrementada.

Las estaciones P-8 y P-9 presentan un valor de oxígeno disuelto menor al mínimo recomendado para la clase 3, 6 mg/L oxígeno disuelto. Para el caso de aguas de clase 3, todos los pozos monitoreados cumplen con el límite de calidad de agua en el Perú, es decir que la concentración de oxígeno disuelto es mayor o igual a 4. Es decir, todas las restantes estaciones, ya sea de la clase 1 (P-2, P-3, P-7) como de la clase 3 (P-8 y P-9) presentan una tendencia a disminuir la concentración de oxígeno disuelto en el segundo monitoreo (ver figura 21). Esto podría ser el resultado de un cambio de cosecha en la

zona, donde la cantidad y el uso del agua se ven modificados por los requerimientos de la misma, es decir que dependiendo de las exigencias del cultivo, este demandaría más agua y diferentes nutrientes modificando el nivel de estrés al variar las cantidades de fertilizantes y la lixiviación a que se ve expuesto el suelo.

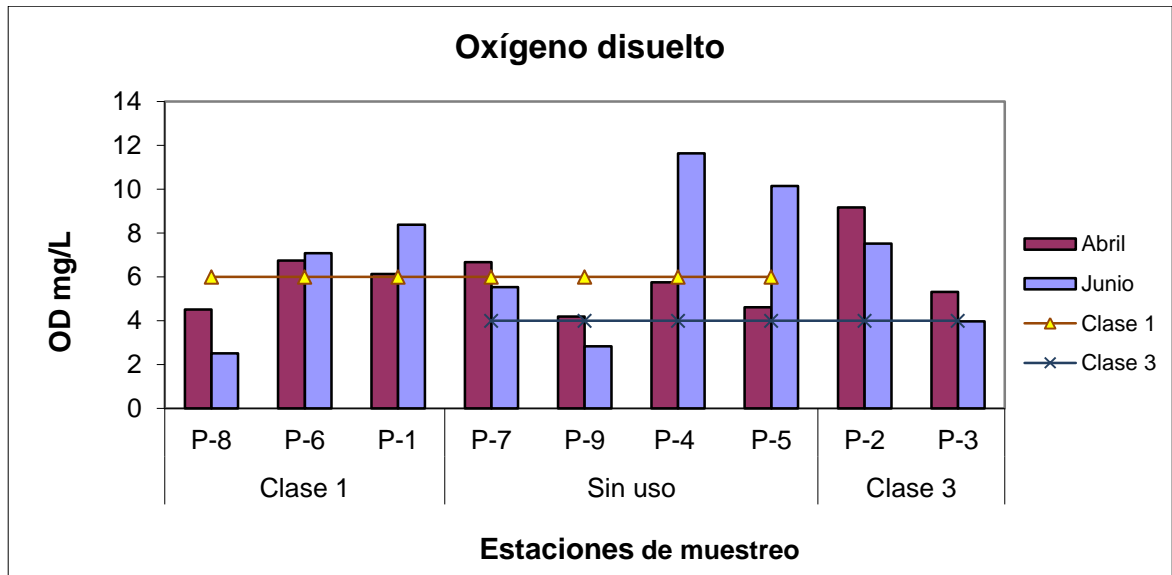


Figura 21. Monitoreo del oxígeno disuelto

4.6. Demanda química de oxígeno

El ensayo de DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica que puede ser oxidada en la muestra, es decir, indica la cantidad de materia orgánica presente en la muestra.

Se puede observar que, solo en uno de los casos el agua de los pozos sobrepasa el valor máximo de DQO de 10 mg/L para clase 1 y 40 mg/L para clase 3 (ver figura 22), es decir que no hay grandes cantidades de materia susceptible a ser oxidadas como materia orgánica u otras sustancias que consumen oxígeno tales como Fe (II), sulfuro y amoníaco (30)

Aunque el pozo 7 no se usa como agua de clase 1, se puede decir que este no es recomendable para consumo humano, ya que presenta una mayor concentración de DQO-Mn.

La estación de muestreo P-7, en comparación con las zonas donde hay cultivos alternativos (P-3), presenta una concentración mayor de DQO-Mn en abril, en la campaña grande; lo cual indicaría que la actividad realizada en la zona repercute directamente en la concentración de materia orgánica en el agua al mantener un estrés constante sobre el área debido a la actividad realizada.

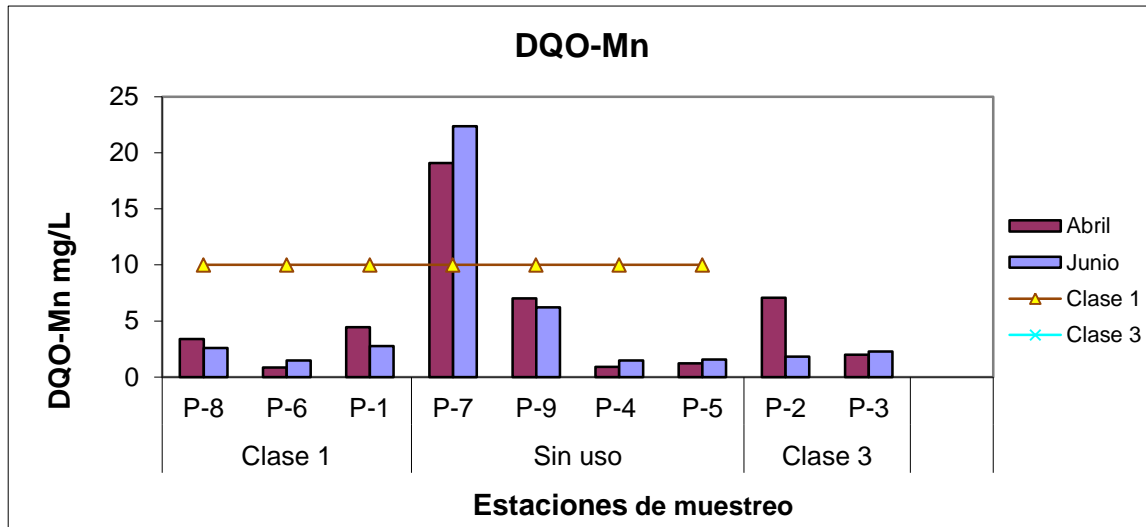


Figura 22. Monitoreo de la demanda química de oxígeno

4.7. Cloruros

Los cloruros presentes en el agua pueden atribuirse a la contaminación doméstica o industrial, aguas de escorrentía agrícola o por ingreso de agua de mar en el acuífero (31).

La concentración de cloruros se encuentra en correlación con la concentración de sólidos y conductividad. También se encuentra relacionada con DQO-Mn.

En el caso de pozos destinados para consumo humano, clase 1, como son P-1, P-6 y P-8, estos no sobrepasan este límite que comprende 250 mg/L de Cl⁻.

En el caso de los pozos destinados a cultivos P-2, P-3, pertenecientes a la clase 3, sus aguas no sobrepasan el límite establecido de cloruros, 700 mg/L de Cl⁻. Pero la mayor concentración de cloruros se encuentra en el pozo de cultivo de arroz abandonado P-7 con 597,36 mg Cl⁻/L.

Las estaciones de monitoreo que se encuentran sin uso P-7, P-4, P-5 y P-9 también poseen concentraciones altas de cloruros, lo cual podría deberse a que se encuentran ubicados cerca al mar y P-7, P-4 y P-5 son acuíferos muy superficiales (ver figura 2 y 3).

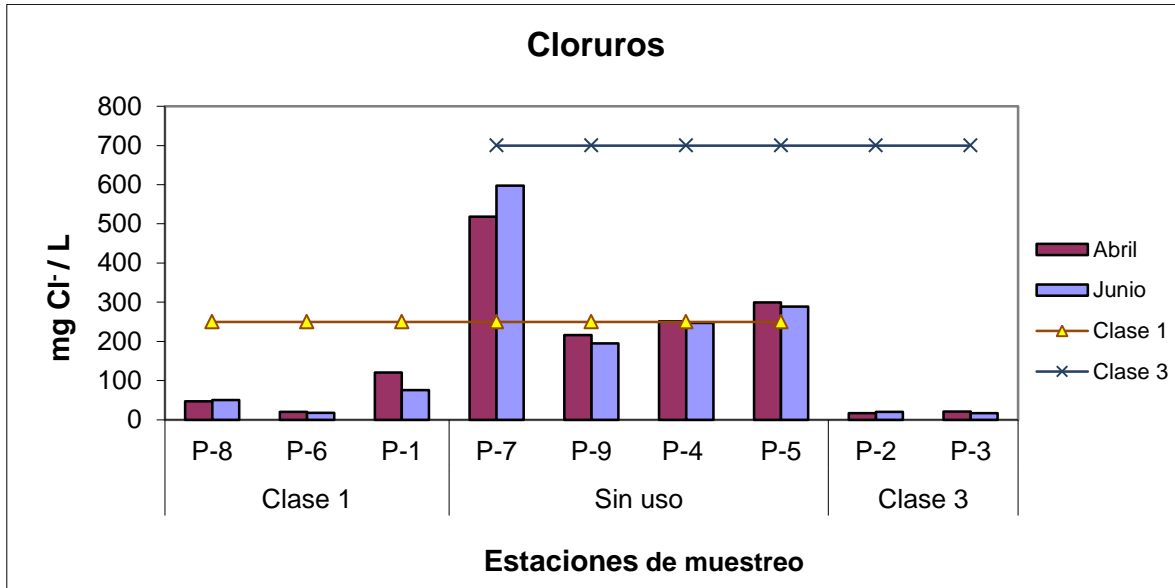


Figura 23. Monitoreo de cloruros

4.8. Dureza

La dureza en el agua se debe a la existencia de determinados cationes como sales de magnesio y calcio. La alta dureza de un agua dificulta la cocción (31). Todas las estaciones de muestreo se encuentran en la categoría de aguas muy duras, es decir, con concentraciones superiores a 300 mg/L de CaCO₃.

En el caso de los pozos de clase 1, P-1, P-6 y P-8, el primero presenta una concentración mayor al límite superior, 500 mg/L de CaCO₃. En el caso del pozo P-9, también con una concentración mayor a 500 mg/L de CaCO₃, comprobaría lo que la población identificó como un sabor amargo salado, por el cual dejó de usar sus aguas. En el caso del pozo P-1, esto podría ser un parámetro a observar en los próximos monitoreos ya que la población podría dejar de usar sus aguas para consumo humano.

El 44 % de las estaciones de muestreo se encuentran en la categoría de aguas muy duras, es decir, con concentraciones superiores a 300 mg/L de CaCO_3 .

Los pozos que presentan una mayor concentración de CaCO_3 son los pozos que se encuentran en abandono, con un máximo de 902,91 mg/L. Se puede apreciar una buena correlación con la conductividad, alcalinidad, cloruros y DQO-Mn (ver figura 24) (ver tabla 22).

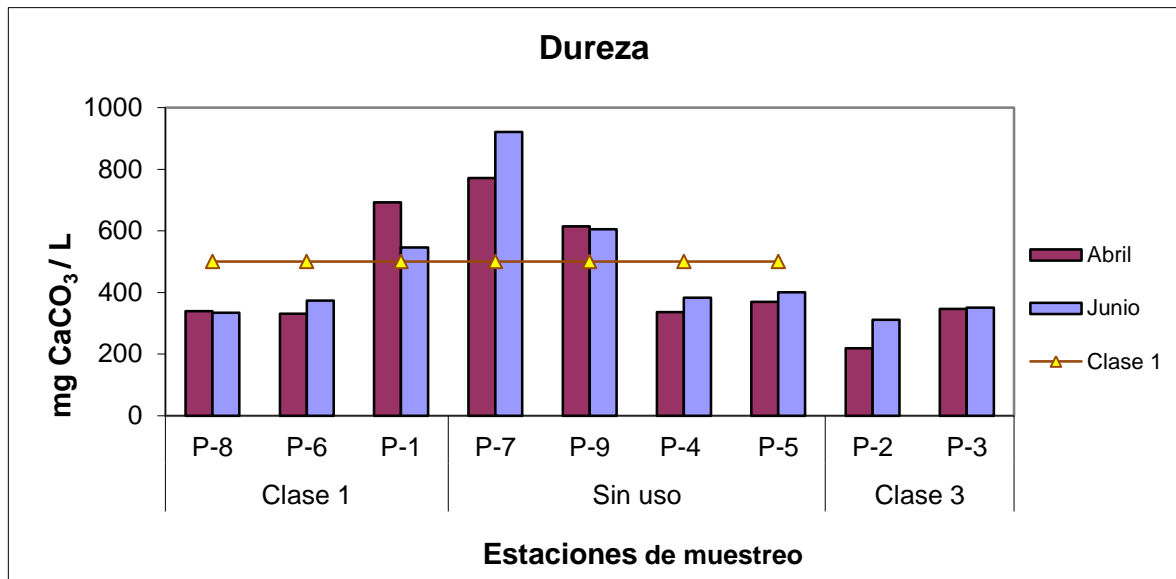


Figura 24. Monitoreo de la dureza

4.9. Fósforo y ortofosfatos

El fósforo total se puede dividir en fósforo particulado ligado en la biomasa o depositado en partículas, y fósforo inorgánico disuelto. En el primer caso se tiene fósforo en organismos (ácido nucleicos, fosfoproteína y nucleótidos fosfatados), fósforo en fase mineral de rocas y suelos (apatita $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3^+ \text{X}^-$), y fósforo absorbido a materia orgánica particulada muerta o asociaciones (macroorgánicas).

En el caso del fósforo inorgánico, se tiene ortofosfato, polifosfato principalmente originados de detergentes sintéticos y coloides orgánicos o fósforo combinado a coloides adsorbidos (32).

Las plantas absorben, de la solución del suelo, el fósforo como ión ortofosfato (HPO_4^{2-} o H_2PO_4^-) (32) pero, aunque el fósforo es un nutriente fundamental para la vida, su exceso en el agua provoca eutrofización (33).

Para que una planta pueda tomar el fósforo y el nitrógeno necesarios del suelo, estos deben estar presentes en una forma inorgánica simple, por lo que la especie utilizable del fósforo es alguna de las formas del ión ortofosfato. Dependiendo del pH en que se encuentre el suelo el ortofosfato podría presentarse como H_2PO_4^- ó HPO_4^{2-} (33).

El pH en el suelo, el tipo y la cantidad de minerales determinan principalmente la clase de compuestos de fósforo existente en el suelo. Generalmente el fósforo forma compuestos con el aluminio, hierro, manganeso y calcio (32). Si el suelo es ácido, el ortofosfato presente precipita o es sorbido por especies de Al(III) y Fe(III) . Pero, si el suelo es alcalino, el ortofosfato puede reaccionar con el carbonato de calcio para formar la hidroxiapatita relativamente insoluble. (33)



Las concentraciones de fósforo disuelto en el agua generalmente se deben a disoluciones de rocas fosfatadas, restos de actividades ganaderas o agrícolas (abonos) o por aguas domésticas vertidas o con restos de detergentes (27). Se realizó un monitoreo de fosfato.

Para la estación P-2, la cantidad de orto-fosfato aumentó en el segundo monitoreo. Esto podría deberse a que, en esa fecha, aún se estaba cultivando arroz, es decir, que no se dejó de cultivar en la zona (ver figura 25), en comparación al punto P-3, en el que se cambió de cultivo.

En el caso de los pozos de abastecimiento humano se ve que la cantidad de orto-fosfato aumentó en el segundo monitoreo, pudiendo deberse a que en la zona se podría estar produciendo una contaminación por aguas domésticas vertidas o con detergentes

Se puede apreciar que las zonas cercanas al mar, como las estaciones P-7, P-4 y P-9, se encuentran las mayores cantidades de fosfato total. Si se comparan la estación P-4 y P-5,

aun siendo estaciones cercanas, la única diferencia es que en el segundo monitoreo las aguas del pozo P-4 estaban siendo bombeadas y el suelo lavado. Esto sería un indicio de que el suelo pudiera tener presencia de fosfatos, lo cual se identificaría con mayor seguridad con un estudio de suelos de la zona.

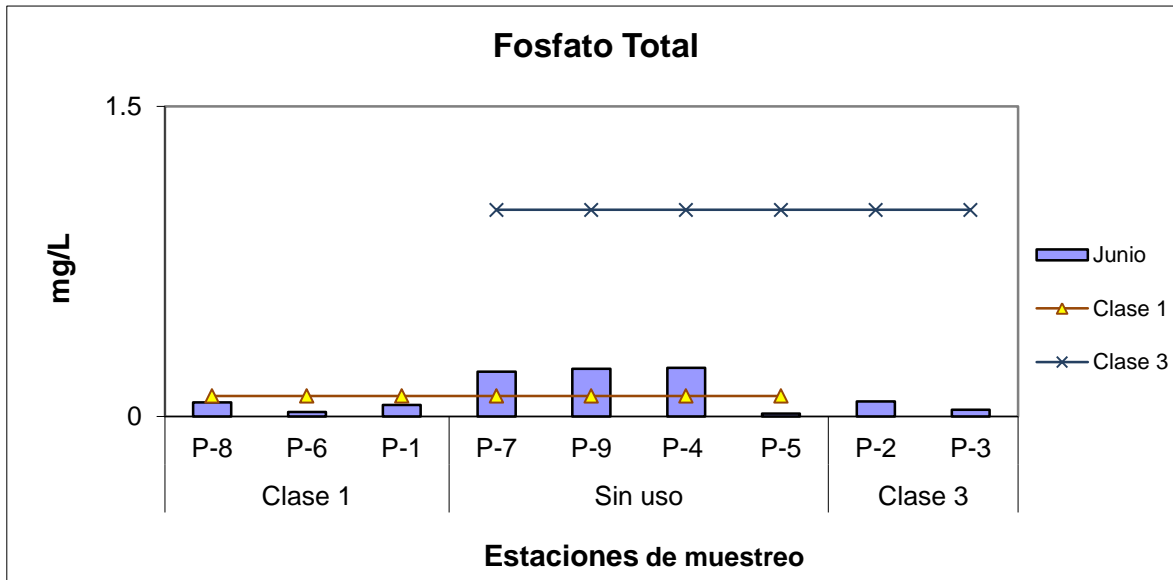


Figura 25. Monitoreo de fosfatos

4.10. Nitratos

Los niveles de nitratos pueden estar relacionados con la disolución de rocas y minerales, así como con la descomposición de materia orgánica, abonos y desechos domésticos (11).

Después de la Segunda Guerra Mundial, el uso de fertilizantes en las áreas de cultivo se incrementó y la contaminación del agua subterránea ahora es un problema de salud pública en muchas partes del mundo (33). Muchos estudios muestran que la concentración de nitratos en el agua subterránea en Estados Unidos son de 3 a 60 veces mayores en lugares agrícolas que en áreas relativamente no modificadas (33).

Niveles altos de nitrógeno en el agua indican sobre costo de producción ya que se estaría utilizando un exceso de fertilizante sin obtener beneficio adicional en la cosecha.

La estación de muestreo P-7 no presenta cambios sustanciales en la concentración de nitratos a lo largo del tiempo, lo cual podría deberse a que se encuentra en estrés constante por la continua actividad de cultivo de arroz en la zona.

En el segundo monitoreo de la estación P-3, se determinó una menor concentración de nitratos, en comparación al primer monitoreo, lo que podría dar un buen indicio de que al cambiar de cultivo por pimiento se podría disminuir el estrés del agua y ayudar a no sobre exponer el terreno a los fertilizantes (ver figura 26) Por el contrario, la estación de muestreo P-2, en el segundo monitoreo aumentó la concentración de nitrato. Esto podría deberse a que, en esa época, en la zona aún se cultivaba el arroz, es decir, el terreno continuó expuesto a actividad agrícola o a estrés continuo en el tiempo, lo que explicaría un incremento en la concentración de nitratos en el segundo monitoreo.

En conclusión, para el caso de las muestras que se ubican en una zona agrícola, ninguna de ellas sobrepasa el límite máximo para nitratos de clase 3; es decir que aunque podemos apreciar un cultivo expuesto por mayor tiempo a un estrés agrícola, este no llega a sobrepasar los límites permitidos por la ley.

Las estaciones P-4 y P-5 presentan una mayor concentración de nitratos en las dos fechas que se colectó la muestras, en comparación a las de otras estaciones de monitoreo, aunque sin sobrepasar los límites para las clases 1 y 3. Esta tendencia podría atribuirse a la presencia de corrales cercanos a las estaciones de monitoreo, es decir a la actividad ganadera que estaría influenciando la calidad del agua, ya que esta actividad produciría desechos que contienen elementos que estamos analizando como el nitrógeno el cual por ejemplo en el excremento de los pollos es el 1% de la producción diaria de excremento de este animal (ver tabla 34).

Tabla 34. Producción media diaria, y composición, de los excrementos sólidos y líquidos de algunos animales adultos (34)

Especie de animal	Producción diaria por animal		Nitrógeno (N)		Fósforo (P)		Potasio (K ₂ O)		Cal (CaO)	
	Sol. kg	Liq. kg.	Sol. %	Liq. %	Sol. %	Liq. %	Sol. %	Liq. %.	Sol. %	Liq. %
Equinos	16,1	3,6	0,50	1,20	0,30	-	0,24	1,50	0,15	0,45
Vacunos	23,6	9,1	0,32	0,95	0,21	0,03	0,16	0,95	0,34	0,01
Ovinos	1,1	0,7	0,65	1,68	0,46	0,03	0,23	2,10	0,46	0,16
Porcinos	2,7	1,6	0,60	0,30	0,46	0,12	0,44	1,00	0,09	0,00
Gallinas	0,045		1,00	-	0,80	-	0,40	-	-	-
Conejos	0,08		0,5	-	1,20	-	0,5	-	-	-

Respecto a las estaciones de muestreo de las aguas de consumo humano, no se aprecia que estén cerca del límite permitido de nitratos para la clase 1; se debe señalar que la estación P-6 presenta una mayor concentración de nitratos que las otras estaciones en las dos campañas de monitoreo, posiblemente al encontrarse en el medio de una zona de cultivo.

Se debe resaltar que, con respecto al límite de calidad de agua vigente para clase 1 y clase 3, ninguno de los pozos lo sobrepasa a la fecha del estudio (ver figura 26) pero debemos acotar que esto no excluye a que el agua subterránea podría ser susceptible en un largo plazo a la contaminación de nitrato.

Al no exhibir una concentración de nitratos alta en las muestras de agua, estas no serían un peligro para el consumo humano, siendo esta posiblemente la razón por la que en el grupo de causas de mortalidad del departamento de la libertad (ver tabla 17) no estaría contabilizada.

Sin embargo, se debe tener datos por un periodo de tiempo mayor para tener una base con respecto a las variaciones, ya sea por el crecimiento de la población, cambios en las actividades económicas, etc.

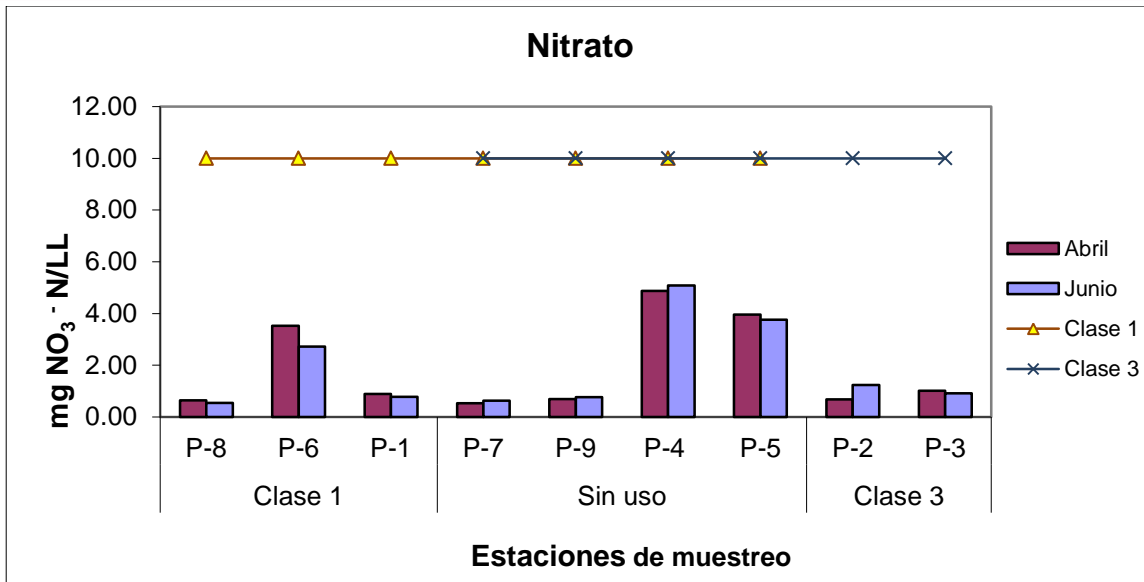


Figura 26. Monitoreo de nitratos

4.11. Sulfatos

Los sulfatos, SO_4^{-2} pueden presentarse en el agua de forma natural ya que el agua, al moverse a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, disuelve sulfatos. Por otro lado, los sulfatos podrían también presentarse como consecuencia de descargas de aguas industriales o por la utilización de fertilizantes. Tal es el caso de las aguas subterráneas en la zona sur de la Sierrita de Ticul (Yucatán, México) donde los sulfatos presentes no se deben a las evaporitas localizadas a más de 120 metros de profundidad, sino al ingreso de fertilizantes al acuífero por la infiltración del agua (35).

La estación P1 y P-9, clase 1, sobrepasan el límite máximo permitido para la clase 1. En relación a los pozos de clase 3, la estación P-7 sobrepasa este límite para la clase 3 (ver figura 27)

En los pozos P-1 y P-7 y P-9, la concentración de sulfatos estaría relacionada directamente con los niveles de alcalinidad, cloruros y fosfatos, es decir indicaría una contaminación doméstica en esta área.

Se puede observar que en los puntos de monitoreo P-4 y P-5, el contenido de sulfatos también es alto, sobrepasando al límites de la clase 1.

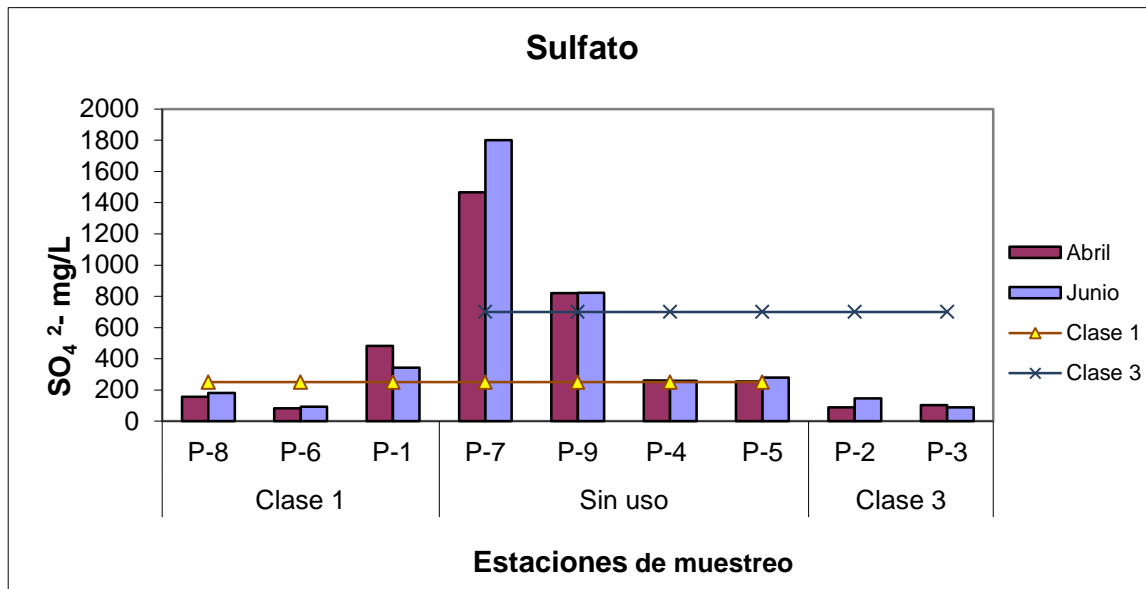


Figura 27. Monitoreo de sulfatos

4.12. Plomo

El límite de detección del método de plomo es de 0,064 mg/L plomo, el cual es mayor al límite permitido para la clase 1 y clase 3, 0,01 y 0,05 mg/L plomo, respectivamente.

Los valores obtenidos en las muestras son menores al límite de detección, <0,064 mg/L plomo, por lo que se envió a analizar dos muestras al laboratorio Analytical Chemistry and Testing Service, ALS, para comprobar los valores de plomo.

Se enviaron las muestra P-1 y P-2 a ALS y se obtuvieron los valores de 0,0098 y 0,000554 mg/L plomo respectivamente (ver figura 28). En conclusión, el plomo no presenta ningún riesgo en el uso del agua, encontrándose por debajo de los límites establecidos respecto al uso del agua.

ALS Laboratory Group
ANALYTICAL CHEMISTRY & TESTING SERVICES

Environmental Division



Sample ID		L550368-1	L550368-2
Description			
Sampled Date		21-JUN-07	21-JUN-07
Sampled Time		09:35	10:20
Client ID			P2
Grouping	Analyte	P1	
WATER			
Total Metals	Aluminum (Al)-Total (mg/L)	0.0133	0.0340
	Antimony (Sb)-Total (mg/L)	<0.00050	0.00042
	Arsenic (As)-Total (mg/L)	0.00201	0.00389
	Barium (Ba)-Total (mg/L)	0.0719	0.0389
	Beryllium (Be)-Total (mg/L)	<0.0025	<0.00050
	Bismuth (Bi)-Total (mg/L)	<0.0025	<0.00050
	Boron (B)-Total (mg/L)	0.434	0.188
	Cadmium (Cd)-Total (mg/L)	<0.00025	<0.000050
	Calcium (Ca)-Total (mg/L)	125	87.8
	Chromium (Cr)-Total (mg/L)	<0.0025	<0.00050
	Cobalt (Co)-Total (mg/L)	<0.00050	0.00010
	Copper (Cu)-Total (mg/L)	0.00403	0.00066
	Iron (Fe)-Total (mg/L)	<0.030	0.068
	Lead (Pb)-Total (mg/L)	0.00098	0.000554
	Lithium (Li)-Total (mg/L)	<0.025	0.0059
	Magnesium (Mg)-Total (mg/L)	49.3	19.0
	Manganese (Mn)-Total (mg/L)	0.111	0.0598
	Molybdenum (Mo)-Total (mg/L)	0.0268	0.0150
	Nickel (Ni)-Total (mg/L)	<0.0025	<0.00050
	Phosphorus (P)-Total (mg/L)	<0.30	<0.30
	Potassium (K)-Total (mg/L)	9.1	5.1
	Selenium (Se)-Total (mg/L)	<0.0050	<0.0010
	Silicon (Si)-Total (mg/L)	10.9	11.7
	Silver (Ag)-Total (mg/L)	<0.00010	<0.000010
	Sodium (Na)-Total (mg/L)	236	84.3
	Strontium (Sr)-Total (mg/L)	1.17	0.612
	Thallium (Tl)-Total (mg/L)	<0.00050	<0.00010
	Tin (Sn)-Total (mg/L)	<0.00050	<0.00010
	Titanium (Ti)-Total (mg/L)	<0.010	<0.010
	Uranium (U)-Total (mg/L)	0.00972	0.00550
	Vanadium (V)-Total (mg/L)	0.0059	0.0025
	Zinc (Zn)-Total (mg/L)	0.0144	0.0098

Figura 28. Resultados de ALS LaboratoryGroup

4.13. Cadmio

El límite de detección del método de cadmio es de 0,017 mg/L, el cual es mayor al límite permitido para la clase 1 y clase 3, 0,003 y 0,005 mg/L, respectivamente.

Los valores obtenidos en las muestras son menores al límite de detección, por lo que se envió a analizar dos muestras al laboratorio Analytical Chemistry and Testing Service, ALS, para comprobar los valores de cadmio.

Se enviaron las muestra P-1 y P-2 a ALS y se obtuvieron los valores de 0,00025 y 0,000050 mg/L, respectivamente (ver figura 28).

En conclusión, el cadmio no presenta ningún riesgo en el uso del agua, encontrándose por debajo de los límites establecidos respecto al uso del agua.

4.14. Cobre

Todos los valores son menores a los límites permisibles para clase 1 y clase 3, los cuales son 2 y 0,2 mg/L, respectivamente. Por lo tanto, los valores de estos muestreos indican que en estas fechas no había riesgos (ver figura 29).

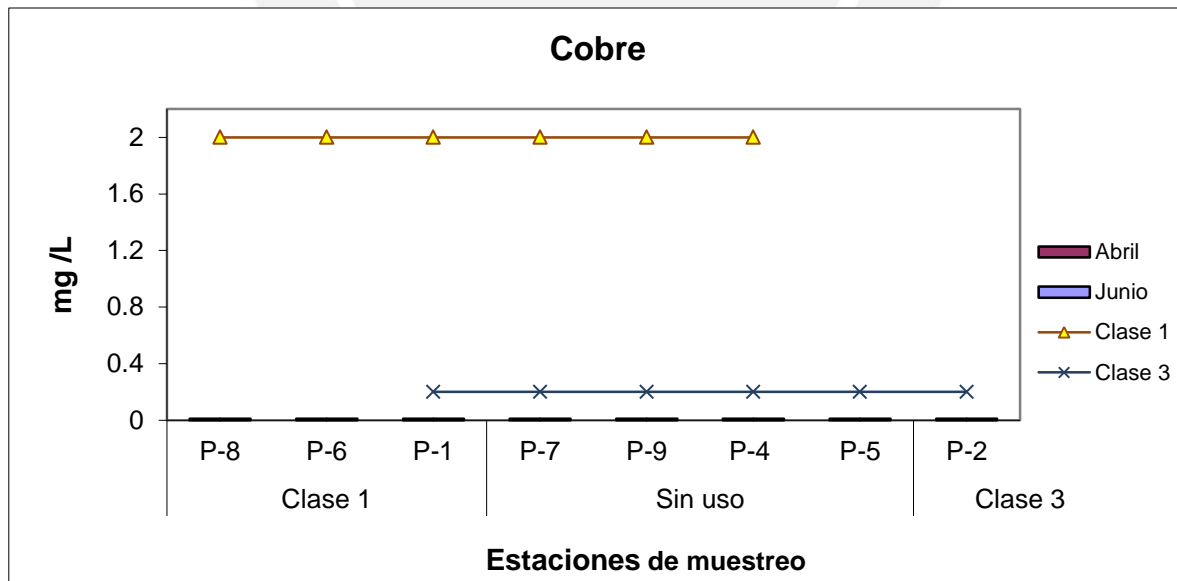


Figura 29. Monitoreo de cobre

4.15. Hierro

Sólo en el segundo monitoreo en la estación P-4, la concentración de hierro en la muestra (3,39 mg/L de hierro) sobrepasa el máximo permitido para clase 3, 1mg/L de hierro. Esto se debe a que, en esta fecha, se encontraba bombeando y realizando trabajos en el pozo (ver figura 30). Estos trabajos incrementaron la cantidad de sólidos suspendidos en el agua, lo que incrementó la concentración de hierro. Esto se puede apreciar en los valores de correlación de hierro y sólidos suspendidos (ver tabla 22)

Cabe señalar que la mayor concentración de hierro se presentó en el pozo abandonado P-4 en el segundo muestreo (3,39 mg/L de hierro ver tabla 31) y se aprecia el incremento de la concentración de sólidos suspendidos confirmando así la relación entre hierro y sólidos suspendidos con una correlación de 0,958.

En conclusión, el hierro no presenta ningún riesgo en el uso del agua, encontrándose por debajo de los límites establecidos respecto al uso del agua.

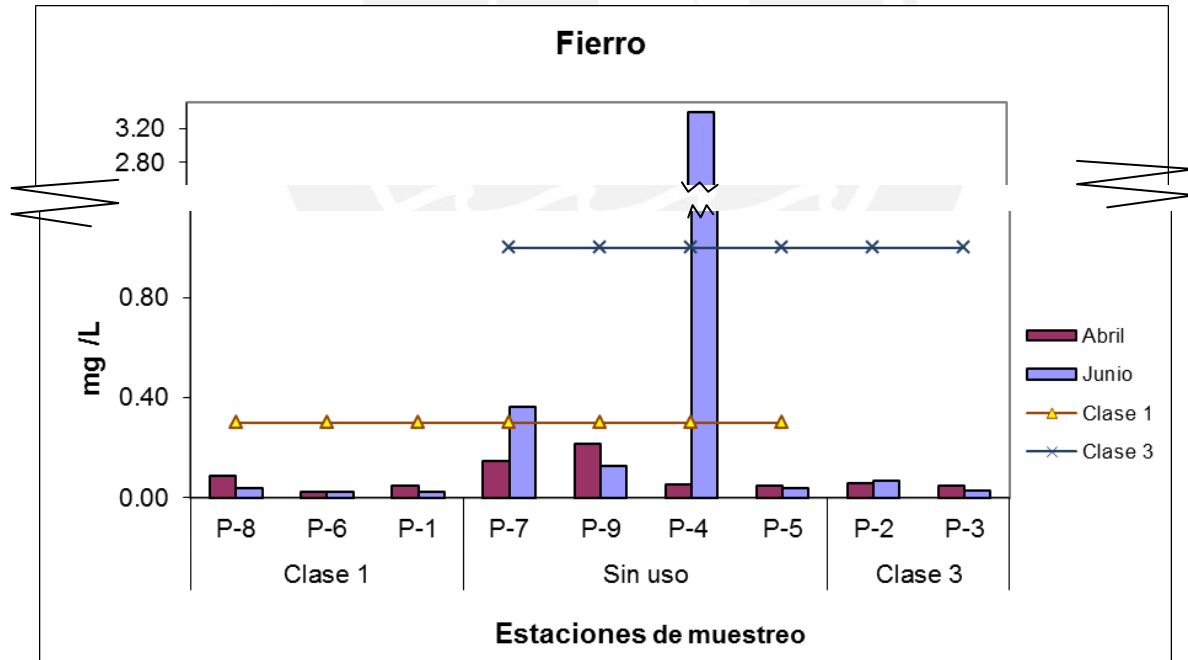


Figura 30. Monitoreo de hierro

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los niveles de concentración de cloruros, alcalinidad, sulfatos y dureza en las estaciones de muestreo P-2 y P-7 difieren de forma notable aunque las dos presentan el mismo tipo de cultivo, el pozo P-7 presenta una mayor concentración de los parámetros indicados, se puede adjudicar la variación de concentración al área que se encuentra el pozo, cercana al mar.

Al comparar el efecto de diferentes cultivos en zonas aledañas respecto a la concentración de cloruros, como es el caso de la estación P-2 y P-3, el nivel de cloruros no cambia mucho uno de otro, concluyendo que la actividad agrícola y la variación de cultivo no están relacionadas con la concentración de cloruros en el acuífero.

El 89 % de las estaciones de muestreo se encuentran en la categoría de aguas muy duras, es decir, con concentraciones superiores a 300 mg/L de CaCO_3 , los pozos que presentan una mayor concentración de CaCO_3 son los pozos que se encuentran en abandono, con un máximo de 902,91 mg/L, en este grupo podemos encontrar a los que están cercanos al mar.

Respecto al nivel de ortofosfato, ninguna estación de muestreo presenta concentraciones mayores al máximo permisible, pero debemos resaltar que la estación P-2 presenta una concentración apreciablemente mayor en el primer monitoreo, esto se podría atribuir al uso de fertilizantes en la zona como consecuencia de la realización de la campaña grande de cultivo.

Los niveles de nitratos en las estaciones de muestreo no presentan, en ninguno de los casos, concentraciones elevadas; por lo que se concluye que ni en las zonas urbanas, ni en las ganaderas o agrícolas, este parámetro presenta un peligro para la salud hasta el momento, pero debemos señalar que el agua subterránea podría ser susceptible a la contaminación de nitrato por filtración de pozos sépticos y/o otros sistemas como también el uso de fertilizantes en las tierras de cultivo en un futuro.

Los parámetros de cobre, fierro, plomo y cadmio analizados en el área, muestran que la calidad de agua no representa mayores problemas en la zona hasta el momento.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios de suelos en la zona para poder determinar el tipo del mismo y determinar la forma como repercute este en las características del agua ya sea subterránea o superficial, el cultivo más acorde para cada lugar y evaluar las necesidades específicas de los nutrientes y fertilizantes ya que una incorrecta utilización de los mismo puede ocasionar problemas de contaminación por pérdidas de nutrientes y una lixiviación de los mismos hacia las cuerpos de agua.

Se recomienda estudios y talleres técnicos para los agricultores donde se les instruya en el uso adecuado de plaguicidas y fertilizantes; intercalar los cultivos y estudiar la mejor opción de cultivo alternativo en futuras campañas; todo esto con la finalidad de utilizar de forma eficiente los recursos y obtener mejores productos.

También se exhorta a informar y concientizar al sector ganadero sobre la necesidad de realizar buenas prácticas ganaderas con el fin alcanzar una agricultura y ganadería sostenible.

Iniciar campañas de sanidad y buscar una mejor forma de depurar desechos domésticos, los cuales podrían percolar a las aguas subterráneas. En la actualidad ciertas zonas liberan sus desechos al río contaminando así sus aguas.

Se recomienda cerrar apropiadamente los pozos no utilizados para evitar posible contaminación, posibles accidentes y preservar mejor el recurso hídrico para el futuro.

Se recomienda seguir monitoreando las aguas de uso humano ya que la población no trata el agua antes de consumirla, lo cual es un gran riesgo ante una posible contaminación de las aguas.

Se recomienda hacer un estudio de la dirección del recorrido de las aguas del acuífero para determinar el movimiento de los contaminantes y sus posibles repercusiones.

CAPÍTULO 6. BIBLIOGRAFÍA

- (1) CÓRDOVA AGUILLAR H. Homogeneidad y diversidad en el patrimonio urbano: casos de El Carmen, San Pedro de Lloc y Huancayo, Lima Editorial: Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Investigación en Geografía Aplicada, 2006, p. 89-205.
- (2) JUNTA DE USUARIOS DISTRITO DE RIEGO REGULADO JEQUETEPEQUE Evaluación campaña agrícola 2003-2004 - Valle Jequetepeque Regulado, La Libertad - Perú, 2004, 20 p.
- (3) MINISTERIO DE AGRICULTURA., en línea
http://www.minag.gob.pe/download/pdf/herramientas/boletines/informe_costos_de_Arroz.pdf ., citado el 10 de enero del 2010.
- (4) INFORMACIÓN TÉCNICO AGRÍCOLA, en línea
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>, citado el 26 de enero del 2010.
- (5) INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (INEI). anuario de estadística ambiental, en línea
<http://www.inei.gob.pe/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0636/libro.pdf>, citado el 5 de diciembre del 2009.
- (6) PROYECTO CUENCAS ANDINAS, en línea
<http://www.condesan.org/cuencasandinas/jequetepeque.htm>, citado el 14 de marzo del 2010.
- (7) JUNTA DE USUARIOS DISTRITO DE RIEGO REGULADO JEQUETEPEQUE Proyecto Especial Jequetepeque – Zaña, Evaluación de la Campaña Agrícola 1994 – 1995. Valle de Jetequepeque La Libertad - Perú , Dirección del desarrollo agrícola y del medio ambiente, 1995, 107 p.

- (8) INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (INRENA), Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle Jequetepeque – Chamán., Editorial dirección de recursos hídricos, Lima, 2005
- (9) ANGULO E. Estudio de la profundidad del acuífero en un valle costero sometido a riegos intensivos. Informe no publicado, Lima, Facultad de Ciencias Humanas, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2001.
- (10) MOLINEDO, Huguet. Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en Galicia: situación actual y estudios de detalles en la cuenca del Valiñas, Jornadas sobre la contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente, Valencia, 1998.
- (11) MARÍN G., R. Análisis de Aguas y Ensayos de Tratamiento. Primera edición. Barcelona. Editorial Gestión y Promoción, 1995, 719 p
- (12) MITCHELL, Robert J., Nitrates leves in the Abbotsford aquifer Environment Canada, En: Journal of Environmental Quality, número 32, 2003, 789 – 800 p.
- (13) UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA., Estudio de Evaluación Ambiental Territorial y de Planeamiento para la Reducción de la Contaminación de Origen Minero en la *Cuenca del Río Jequetepeque*, Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica-Instituto de Minería y Medio Ambiente, Lima, en línea http://www.minem.gob.pe/archivos/dgaam/publicaciones/evats/jequetepeque/jequete_p_i.htm_, citado el 20 de octubre del 2006.
- (14) CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y PROMOCIÓN DEL CAMPESINO, ficha técnica, en línea http://www.cipca.org.pe/cipca/informacion_y_desarrollo/agraria/fichas/arroz.htm, citado el 3 de noviembre del 2009.
- (15) LYNDA KNOBLOCH, Barbara, Blue Babys and Nitrate – contaminated Well Water. En: Environmental Health Perspectives, volumen 108, número 7, Julio 2000, páginas 675- 678.

- (16) ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Criterios de Salud ambiental 5 Nitratos, nitritos y compuestos de N – nitroso, Servicio de Publicaciones y Documentación de la OPSOMS, México, 1980, 119 p
- (17) WORLD HEALTH ORGANIZATION, Health Criteria and Other Supporting Information-Addendum, Guidelines for Drinking-Water Quality. Tercera edición, Ginebra, 2008, volume 2.
- (18) GÁLVEZ Marcelo, Bravo Eduardo, Rodríguez Pablo. Características de las hemorragias intra-craneanas espontáneas en TC y RM. En: Revista Chilena de Radiología, volumen 12, número 4, 2006, páginas 12-25.
- (19) MINISTERIO DE SALUD, en línea <http://www.minsa.gob.pe/portada/estadistica.asp>., citado el 5 de diciembre del 2010.
- (20) QUISPE L., Evelyn P. Diseño de un programa de monitoreo de agua superficial en San Pedro de Lloc, Lima, 2009, 92 p. Tesis de maestría en Química, Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Graduados.
- (21) . STANDARD METHODS, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA-AWWA-WPCF; 17th Edición.1989.
- (22) UNITED STATES ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, EPA-600/4-79-020, 1983
- (23) BELGRANO, Roberto F., Métodos Ultravioleta Selectivo y de reducción con Hidracina en la determinación del ión nitrato en aguas subterráneas, en: Scientific, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires 2003.
- (24) MINISTERIO DE AMBIENTE *Decreto Supremo 002-2008-MINAM*. El Peruano, 31 de octubre del 2008.

- (25) WATER ON THE WEB, Water Quality en línea
<http://waterontheweb.org/under/waterquality/pH.html>, citado el 18 de mayo del 2010
- (26) LANGLAIS, Christian, Guía de los cultivos protegidos de hortalizas en zonas tropical húmeda. CIRAD, Guadalupe, editorial Quae, 2006, 92 p
- (27) HARRIS, Daniel. Análisis químico cuantitativo. Tercera edición. Barcelona: Editorial Reverté S.A, 2003. p. 171.
- (28) PALLWAL, Ripusudan, El maíz en los tópicos mejoramiento y producción, Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2001, 378 p.
- (29) JIMENEZ CISNEROS, Blanca. La contaminación ambiental en México, causas, efecto y tecnología apropiada. Segunda edición, México: Editorial Limusa, 2005, 926 p.
- (30) RAMOS OLMOS, R., SEPÚLVEDA MARQUÉS R. El agua en el medio ambiente, Muestreo y análisis. Primera edición. México: Universidad Autónoma de Baja California, 2003, 213 p.
- (31) DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL (DIGESA). , en línea
http://www.digesa.minsa.gob.pe/pw_deepa/pdf/gesta_agua/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf., citado el 10 de Noviembre del 2009.
- (32) COMPAÑÍA SMART GROWING INTELLIGENTLY, en línea <http://www.smart-fertilizer.com/index2.php?id=130&lang=ESP>., citado el 21 de junio del 2010.
- (33) SHOWERS, William J., Nitrate contamination in groundwater on an urbanized Dairy farm, En: Environmental science and technology, volumen 42, número 13, Julio, 2008, 4683 – 4688 p.
- (34) GIACONI, Vicente. Cultivo de hortalizas, Decimoquinta edición, Santiago de Chile, Editorial Universitaria S.A., 2004, 307 p.

- (35) GRANIEL CASTRO, E., PACHECO MEDINA, A. y CORONADO PERAZA, V.,
Origen de los sulfatos en el agua subterránea del sur de la sierrita de Ticul, Yucatán
ISSN: 1665-529X, En: Revista Académica de la FI-UADY, volumen 13-1, Marzo,
2009, 49- 58 p.

