

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA
ESCUELA DE POST GRADO
ESPECIALIDAD DE RECURSOS HIDRICOS**



**MANEJO SOSTENIBLE DEL AGUA SUBTERRANEA
CON FINES DE RIEGO EN EL VALLE DE ACARI**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

DANIEL PORTOCARRERO WHITTEMBURY

LIMA - PERÚ

2010

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

ESCUELA DE POST GRADO

ESPECIALIDAD DE RECURSOS HIDRICOS

**MANEJO SOSTENIBLE DEL AGUA SUBTERRANEA CON FINES
DE RIEGO EN EL VALLE DE ACARI**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
MAGISTER SCIENTIAE**

Presentado por:

DANIEL PORTOCARRERO WHITTEMBURY

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado

Mg.Sc. Teresa Velásquez Bejarano
PRESIDENTE

Mg.Sc. Guillermo Aguilar Giraldo
PATROCINADOR

Dr. Abel Mejía Marcacuzco
MIEMBRO

Mg.Sc. Miguel Sánchez Delgado
MIEMBRO

DEDICATORIA

*A mis seres queridos que ya no están
y a los que están por venir.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por llenar mi vida de constantes bendiciones.

A mi profesor consejero, Ing. M.Sc .Guillermo Aguilar Giraldo, por sus consejos y disponibilidad incondicional para orientarme en el desarrollo de la tesis.

A los miembros de mi comité asesor de tesis, Ph. D. Abel Mejía Marcacuzco, M.Sc. Teresa Velásquez, por sus valiosos aportes y críticas en bien de mejorar la presente investigación.

A mis compañeros de maestría y promoción por los momentos y aprendizajes compartidos.

A la ALA - AYP por brindarme el apoyo y la oportunidad de concluir mis estudios de maestría.

El agradecimiento más sincero para todas las personas que me ayudaron a realizar la tesis.

Gracias especiales al Dr. Walter Barrutia Feijoo por sus valiosas enseñanzas.

Special thanks to Mr. Ian Gale for sharing very important information regarding groundwater management.

TABLA DE CONTENIDO

<u>SECCION</u>	<u>PAG.</u>
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
TABLA DE CONTENIDO.....	4
ÍNDICE DE CUADROS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	9
LISTA DE SIGLAS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	14
1.0 INTRODUCCION.....	16
1.1 Marco legal.....	17
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.3.1 Objetivo general.....	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
2.0 REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
2.1 Conceptos generales.....	21
2.2 Conceptos de sostenibilidad.....	26
2.3 Medición de la sostenibilidad.....	28
2.3.1 Indicadores versus criterios.....	28
2.3.2 Requisitos de medida.....	28
2.3.3 Operacionalización de las variables - mediciones.....	29
2.3.4 Ponderación de indicadores.....	29
2.4 Descripción del Área de estudio.....	33
2.4.1 Características Generales del Área de Estudio.....	33
2.4.1.1 Ubicación.....	33
2.4.1.2 Vías de acceso.....	33
2.4.2 Características Medio Ambientales.....	33
2.4.2.1 Suelos.....	34
2.4.2.2 Hidrología.....	35
2.4.2.3 Uso actual de la Tierra.....	36
2.4.2.4 Características Hidrogeológicas.....	37
2.4.2.5 Configuración del Acuífero.....	37
2.4.2.6 Características de la tabla de agua.....	40
2.4.2.7 Calidad de agua subterránea.....	41
2.4.2.8 Infraestructura de Riego.....	43

2.4.3	Características Sociales.....	45
2.4.3.1	Demografía.....	46
2.4.3.1	Educación	50
2.4.4	Características Económicas.....	55
3.0	MATERIALES Y METODOS.....	56
3.1	Materiales y Equipos.....	56
3.1.1	Documentación.....	56
3.1.2	Equipos.....	56
3.2	Metodología.....	57
3.2.1	Metodología para el manejo sostenible del agua subterránea.....	57
3.2.2	Metodología para la determinación del balance de agua superficial.....	63
3.2.2.1	Oferta hídrica superficial	64
3.2.2.2	Demanda Hídrica Agrícola Neta.....	65
3.2.2.3	Balance oferta – demanda.....	66
3.2.3	Metodología para la determinación del balance de agua subterránea.....	67
3.2.3.1	Balance hídrico del acuífero.....	67
3.2.3.2	Oferta de agua subterránea.....	68
3.2.3.3	Demanda de agua subterránea.....	69
4.0	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
4.1	Indicadores tomados en cuenta en el manejo sostenible de los recursos hídricos subterráneos del valle de Acarí.....	71
4.2	Resultados respecto a cada sector en estudio.....	71
5.0	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..	100
5.1	Conclusiones	100
5.2	Recomendaciones.....	104
6.0	BIBLIOGRAFIA.....	106
ANEXOS.....		110
Anexo N° 1: Ubicación del área de estudio.....		111
Anexo N° 2: Variación del nivel estático .Distrito: Acarí.....		112
Anexo N° 3: Conductividad eléctrica(ce). Distrito: Acarí.....		116
Anexo N° 4: Encuesta sobre el conocimiento, uso y conservación del recurso hídrico subterráneo.....		119
Anexo N° 5: Entrevista sobre el conocimiento, uso y conservación del recurso hídrico subterráneo a personal del Gobierno Local ,Autoridad Local de Aguas, Directores de Instituciones Educativas, y Policía Nacional.....		123
Anexo N° 6: Campaña agrícola.....		124

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1:	Descargas mensuales (m ³ /s) del río Acarí. Estación Bella Unión (1960-2005).....	36
Cuadro 2:	Uso Actual de la Tierra en el Valle de Acarí. Período 2008-2009	37
Cuadro 3:	Límites de variación de la profundidad de la tabla de agua	41
Cuadro 4:	Sectorización del distrito de riego Acari- Yauca-Puquio	43
Cuadro 5:	Volumen de agua superficial entregado por comisión de regantes	44
Cuadro 6:	Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I.E. Flores Berruezo.....	51
Cuadro 7:	Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I.E.T.P. San Martín de Porres	51
Cuadro 8:	Alumnos Matriculados al término del año en el Instituto Superior Tecnológico Público “Peruano - Español”	52
Cuadro 9:	Alumnos Matriculados al término del año escolar. I.E.N. de Piérola	53
Cuadro 10:	Indicadores, mediciones, y criterios para el sector medio ambiente	57
Cuadro 11:	Indicadores de sostenibilidad del agua subterránea: mediciones y criterios asociados al sector económico.....	59
Cuadro 12:	Indicadores de sostenibilidad del agua subterránea: mediciones y criterios asociados al sector social.....	60
Cuadro 13:	Matriz relacional de indicadores para el acuífero de Acarí	62
Cuadro 14:	Disponibilidad Hídrica Mensual valle de Acarí (MMC) Período 1960–2005.....	64
Cuadro 15:	Oferta Hídrica Agrícola Neta - OHAN en el valle de Acarí en MMC	64
Cuadro 16:	Estimación de la Evapotranspiración Potencial en el valle de Acarí.....	65
Cuadro 17:	Requerimiento de Agua Neto (RN) en el Valle de Acarí (MMC).....	65
Cuadro 18:	Requerimiento de Agua Bruto (RB) en el valle de Acarí (MMC) - 2006	66
Cuadro 19:	Balance entre la OHN y la DHAN en el valle de Acarí (MMC) - 2006.....	66
Cuadro 20:	Volúmenes de explotación en el valle de Acarí. Periodo 1980-2007	67
Cuadro 21:	Insumos para el cálculo del (ξ) en el valle de Acarí	68
Cuadro 22:	Ratio del Recurso Hídrico Subterráneo (ξ) en el valle de Acarí.....	68
Cuadro 23:	Demanda bruta de agua subterránea - Valle de Acarí en MMC/año.....	70
Cuadro 24:	Distribución mensual del requerimiento bruto de agua subterránea en MMC.....	70
Cuadro 25 :	Cuadro comparativo de tipo de pozo en el valle de Acarí	72
Cuadro 26:	Número de pozos según su tipo de uso por distrito en el valle de Acarí	72
Cuadro 27:	Cuadro comparativo del estado actual de pozos en el valle Acarí.....	73
Cuadro 28:	Índice de variación del estado actual de pozos en el valle Acarí.....	73
Cuadro 29:	Tasa de crecimiento promedio del estado actual de pozos en el valle Acarí.....	74
Cuadro 30:	Rendimiento según el tipo de pozo por distrito.....	75
Cuadro 31:	Característica de los motores de los equipos de bombeo - Valle de Acarí.....	76
Cuadro 32:	Características de las bombas de los equipos de bombeo - Valle de Acarí.....	76
Cuadro 33:	Volúmenes de explotación de agua subterránea por distrito en el valle de Acarí. Período 1980 - 2007 en m ³	77

Cuadro 34:	Tasa de variación absoluta y relativa de extracción de agua subterránea en el valle de Acarí.....	78
Cuadro 35:	Volúmenes de explotación por tipo de usuario en el valle de Acarí.....	78
Cuadro 36:	Tasa de variación absoluta y relativa de extracción de agua subterránea según tipo de usuario en el valle de Acarí	80
Cuadro 37:	Área bajo riego versus área total por comisión de regantes. Campaña agrícola 2006.....	81
Cuadro 38:	Número de hectáreas sembradas por campaña agrícola. Valle de Acarí.....	81
Cuadro 39:	Tasa de variación absoluta y relativa del número de hectáreas sembradas por campaña agrícola en el valle de Acarí.....	82
Cuadro 40:	Situación encontrada respecto a los indicadores y mediciones	91
Cuadro 41:	Valoración en porcentaje (%) de los indicadores para el periodo 1980-2007 en el valle de Acarí.....	92
Cuadro 42 :	Porcentaje (%) de variación del área sembrada en el valle de acarí . Período 2004-2008.....	96
Cuadro 43:	Valoración cualitativa para el período 1980 – 2007 y tendencia del comportamiento de los indicadores en el valle de Acarí.....	98
Cuadro 44:	Variación del nivel estático de la napa freática. Junta de usuarios: Acarí.....	112
Cuadro 45:	Variación del nivel estático de la napa freática. Junta de Usuarios: Bella Unión.....	114
Cuadro 46:	Variación de la conductividad eléctrica del agua subterránea .Junta de Usuarios: Acarí.....	116
Cuadro 47:	Variación de la conductividad eléctrica del agua subterránea .Junta de Usuarios: Bella Unión.....	117
Cuadro 48:	Campaña agrícola en el valle de Acarí. Periodo 2004 - 2008.....	124
Cuadro 49:	Superficie sembrada en el valle de Acarí. Junta de Usuarios :Acarí. Período 2008 – 2009.....	125
Cuadro 50:	Superficie sembrada en el valle de Acarí. Junta de Usuarios: Bella Unión. Periodo 2008 - 2009.....	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Indicadores y Criterios para la sostenibilidad del agua Subterránea	22
Figura 2: Esquemización de los diferentes flujos a través del suelo en un acuífero freático	24
Figura 3: Esquema del flujo de agua en condiciones de pre-desarrollo.....	24
Figura 4: Esquema de flujo de agua mostrando cambios ocurridos por efecto de la extracción de agua subterránea (Alley & otros.,1999).....	25
Figura 5: Perspectiva general del sistema.....	26
Figura 6: Desarrollo sostenible del agua subterránea a través del balance de los ingresos como recarga y al almacenamiento del acuífero contra la salidas como recarga para beneficios económicos , medio ambientales y humanos (sociales).....	31
Figura 7: Límites del Acuífero de Acarí - Bella Unión.....	42
Figura 8: Ubicación del área de estudio.....	111

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1:	Población de los Distritos de Acarí y Bella Unión. 1940-2007.....	47
Gráfico 2:	Población por sexo. Distrito de Acarí.....	47
Gráfico 3:	Población por sexo. Distrito de Bella Unión.1940-2007.....	48
Gráfico 4:	Población por Tipo. Distrito de Acarí.....	49
Gráfico 5:	Población por Tipo. Distrito de Bella Unión.....	49
Gráfico 6:	Alumnos Matriculados al término del año Escolar .I.E. Francisco Flores Berruezo. Distrito de Bella Unión.....	52
Gráfico 7:	Alumnos Matriculados al término del año Escolar en el I.E.T.P. San Martín de Porres.....	53
Gráfico 8:	Alumnos Matriculados al término del año en el Instituto Superior Tecnológico Público “Peruano - Español”.....	54
Gráfico 9:	Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I.E. Nicolás de Piérola.....	54
Gráfico 10:	Ubicación de problemas en base a sus relaciones dinámicas.....	63
Gráfico 11:	Porcentaje (%) de variación respecto al número de pozos con capacidad de extracción en el valle de Acarí.....	74
Gráfico 12:	Volúmenes de explotación de Agua Subterránea por distrito en el Valle de Acarí. Periodo 1980 2007 en m ³	77
Gráfico 13:	Volumen de Agua Subterránea consumida por tipo de usuario en el valle de Acarí. Distrito de Acarí en m ³	79
Gráfico 14:	Volumen de Agua Subterránea consumida por tipo de usuario en el valle de Acarí. Distrito de Bella Unión en m ³	79
Gráfico 15:	Número de hectáreas sembradas por campaña agrícola .Valle de Acarí.....	82
Gráfico 16:	Uso actual de la Tierra en el Valle de Acarí. Distrito de Acarí. Período 2008-2009.....	83
Gráfico 17:	Uso Actual de la Tierra en el Valle de Acarí. Distrito de Bella Unión .Período 2008-2009.....	83
Gráfico 18:	Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 1980 vs Ideal. valle de Acarí.....	93
Gráfico 19:	Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 1998 vs Ideal. Valle de Acarí.....	93
Gráfico 20:	Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 2003 vs Ideal. valle de Acarí.....	94
Gráfico 21:	Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 2007 vs Ideal. valle de Acarí.....	94
Gráfico 22:	Indicador N° 1: volumen de explotación, expresado en porcentaje (%) del volumen explotable por distrito en el valle de Acarí.....	95
Gráfico 23:	Variación del área sembrada en el valle de Acarí. Período 2004-2008.....	96
Gráfico 24:	Resultado de la ponderación de sectores por distrito.....	99

LISTA DE SIGLAS

ALA : Autoridad Local de Aguas

ARI : Adverse Resource Impact

INRENA : Instituto Nacional de Recursos Naturales

ONERN : Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales

PCR : Plan de cultivo y riego

SENAMHI : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

RESUMEN

En general, los acuíferos costeros del Perú enfrentan serios procesos de degradación, para ello la propuesta de implementación de una metodología de manejo y gestión sostenible de los mismos con fines de riego constituye un enfoque importante.

Ante esta realidad es importante establecer si el manejo y gestión actual de los recursos hídricos subterráneos utilizados para satisfacer demandas de cultivos viene siendo exitoso o está en el camino correcto. Previo al presente trabajo se han realizado y se vienen realizando estudios de evaluación y monitoreo del recurso hídrico subterráneo, los cuales muestran diferentes indicadores que permiten analizar el resultado que el actual manejo y gestión del recurso viene teniendo. En tal sentido, proponer una metodología que incluya indicadores, validación e implementación en campo ayudará a determinar el comportamiento y la tendencia en el tiempo de la dinámica de las aguas subterráneas.

Debido a ello el objetivo del estudio fue implementar una metodología para el manejo sostenible del agua subterránea, desarrollada por el Dr. Alan Steinman del Instituto de Recursos Hídricos Annis, a la realidad del manejo y gestión de los mismos en los acuíferos costeros del Perú.

La metodología propuesta por el Dr. Steinman plantea la utilización de indicadores de sostenibilidad del agua subterránea, los cuales son particularmente importantes porque los recursos del agua subterránea están en gran parte ocultos y el conocimiento que se tiene de ellos es en la mayoría de los casos parcial e incompleto.

La metodología planteada por el Dr. Steinman considera tres sectores de estudio: el medio ambiente, el económico, y el social.

El sector medio ambiente considera cinco indicadores representativos en cuanto a la sostenibilidad del agua subterránea: la contribución del agua subterránea a los cursos de agua, la extracción del agua subterránea, los impactos del uso de la tierra, la extensión e impactos de la contaminación del agua subterránea, así como las Comunidades dependientes naturales del agua subterránea. El sector económico considera tres indicadores: el costo del agua subterránea debido a un sector relevante de la economía, el

uso eficiente del agua subterránea, y los usos de agua a través de otras fuentes. El sector social considera tres indicadores: el costo del agua subterránea debido a un sector relevante de la economía, la conservación, y el uso de agua a través de otras fuentes.

El área de estudio se encuentra ubicada en la costa sur del Perú, específicamente, en la Región Arequipa, Provincia de Caravelí, distritos de Acarí y de Bella Unión. El estudio abarca desde la Comisión de Regantes Chocavento hasta la desembocadura al Océano Pacífico.

En la cuenca del río Acarí, específicamente en el valle de Acarí se cuenta con aproximadamente 5,900 Has de terrenos agrícolas, los cuales están distribuidos entre diez comisiones de regantes, las cuales requieren satisfacer una demanda bruta de 120.252 MMC al año.

El área regada mediante el uso de pozos de bombeo es de 2001.22 Has, constituido por 195 predios, lo cual comprende a 184 usuarios. Adicionalmente, en el ámbito de la Junta de Usuarios Acarí existen 183 pozos de los cuales 170 son pozos a Tajo Abierto y 13 Tubulares; mientras que en el ámbito de la Junta de Usuarios Bella Unión, existen 226 pozos de los cuales 4 son mixtos, 184 son pozos a Tajo Abierto y 38 Tubulares.

El trabajo realizado consistió en la revisión y análisis de datos históricos requeridos por la metodología, además de la realización de reuniones y entrevistas con diferentes actores locales para abordar la importancia de establecer una metodología en base a indicadores, seguido de un monitoreo posterior.

Como se ha mencionado, la metodología y los indicadores preestablecidos, propuestos por la metodología, van a ser acondicionados a la realidad de la Autoridad Local de Aguas de Acarí – Yauca - Puquio. La metodología utilizada se espera que sea posible de ser implementada por los actores locales, permitiéndoles generar la línea base y el sistema de monitoreo, lo que evitará que dicho proceso sea definido de forma externa. Asimismo, se pudieron visualizar las condiciones actuales del recurso hídrico subterráneo, los roles de los actores, la institucionalidad y los instrumentos de gestión disponibles. De esta manera, los actores locales pueden implementar alternativas que permitan viabilizar las propuestas y

acciones conducentes al manejo sostenible del recurso hídrico subterráneo con fines de riego.

Si bien dentro de los tres sectores que se han analizado, la metodología propone once (11) indicadores. En la práctica los trabajos que el Ministerio de Agricultura a través de la ALA-AYP realizan, no permiten la utilización del total de todos ellos.

La determinación de la situación actual, así como la tendencia del manejo sostenible del acuífero de Acarí se determinó utilizando siete (07) indicadores, de los cuales tres (03) son del sector medio ambiental y cuatro (04) del sector social, quedando pendiente el análisis de los indicadores del sector económico.

ABSTRACT

In general, Peruvian coastal aquifers are facing serious processes of degradation. Due to this situation, the implementation of a groundwater sustainable management methodology with irrigation purposes constitutes a very important focus.

Because of this reality, is important to establish if groundwater resources, used for irrigation purposes, are being managed correctly or are on the right path. Previous to this job, there has being done several studies related with this issue dedicated to the evaluation and monitoring of groundwater resources, which are showing different indicators that allow us analyze the actual management of the coastal aquifers. On that sense, the proposal of the use of a methodology that includes indicators, validation, and field implementation will help to determine groundwater resource tendency in time and future behavior.

Due to that, the objective of this study was to implement a methodology for sustainable management of groundwater resources for irrigation purposes, developed by Alan Steinman, PhD, from Annis Water Resources Institute, to the reality of Peruvian coastal aquifers management.

Dr. Steinman's methodology considers three main sectors of study: environmental, economic, and social. The environmental sector establishes five representative indicators of groundwater sustainability, which are: groundwater contribution to stream baseflow, groundwater withdrawals, land use impacts, groundwater contamination, groundwater-dependent natural communities. The economic sector considers three indicators: cost of groundwater by relevant economic sector, efficiency of groundwater usage, water usage from alternative sources. The social sector considers three indicators: Public education, Conservation, Restricted groundwater access.

The study area is located south of Lima, the Capital of Perú, Region of Arequipa, Province of Caravelí, Districts of Acarí and Bella Unión. The study is jurisdiction of the Local Authority of Water of Acarí-Yauca-Puquio. Acarí valley has 5 900 Has of agricultural land, which are distributed in ten irrigation commissions having a water demand of 120.252 MMC per year.

The irrigated area using groundwater is 2,001.22 Ha, having 195 parcels in hands of 184 water users. In addition of that, Acarí's water user jurisdiction has 183 wells; meanwhile Bella Unión water user's jurisdiction has 226 wells.

This job consists in the realization of reunions and interviews with different local users to approach the importance of establishing a base line and a later monitoring. As we said, the methodology and indicators have been established according to the Local Water Authority.

As we mentioned, the methodology and the pre established indicators proposed by the methodology, will be implemented in accordance to the Local Water Authority of Acarí – Yauca - Puquio. The used methodology hopes that the local users will be able to implemented and allow them to set a base line and monitoring system, that way they will not allow external decisions.

Even though, within the three analyzed sectors the methodology proposes eleven indicators, in practice we used seven because of the disponibility of data.

1.0 INTRODUCCION

El agua subterránea juega un rol vital en el sostenimiento de la productividad agrícola en muchas áreas irrigadas del mundo. En muchas de estas regiones, la explotación del acuífero ha llegado a su potencial máximo sostenible o ya ha sido excedido. El subsiguiente incremento continuo del uso del agua subterránea va a causar la disminución del nivel freático, debajo del cual la extracción del recurso no será económicamente viable y dañará el ambiente.

“La pregunta si el agua subterránea debe manejarse de manera sostenible o minando la producción no está todavía totalmente resuelta y se controla por las condiciones locales y demandas que por las decisiones de política en base a su necesidad absoluta. Esto es entendible en es poco probable de ser de la simpatía pública por una política de agotamiento anunciada, considerando que el uso sostenido se presta para ser de carácter permanente. De cualquier manera los méritos de los conceptos de sostenibilidad y minado del rendimiento, son definitivamente inculcados en la dirección del manejo del agua subterránea”. Doménico (1972)

El valle de Acarí, así como la Pampa de Bella Unión, emplean, dependiendo de la época del año, el recurso hídrico superficial y subterráneo para satisfacer las necesidades hídricas de los cultivos, industria y población.

El valle de Acarí, el cual es formado principalmente por la geodinámica del río Acarí condiciona la existencia de un reservorio acuífero de origen aluvial y alimentado principalmente por la infiltración del agua que discurre sobre el cauce del mismo. Por otro lado, la pampa de Bella Unión existe por efecto de los conos de deyección, así como la existencia de terrazas de origen marino con alto contenido de sales y yeso, la cual por efecto del sistema de riego provoca la existencia de agua subterránea.

Las políticas de explotación de las aguas subterráneas como complemento de los recursos hídricos superficiales están frecuentemente basadas en planificaciones de corto plazo y pueden no ser sostenibles en el tiempo.

El manejo sostenible de las aguas subterráneas tiene como objetivo usar el agua del subsuelo de tal manera que se alcance un estado de equilibrio, tanto en cantidad como en calidad, gobernado por la tasa de renovación de las aguas subterráneas, por las tasas de extracción, por la dinámica del acuífero y por los impactos potenciales de contaminantes antropogénicos o naturales. Esta forma de gestión permite preservar esos recursos para futuras generaciones.

El presente estudio se centra en analizar, mediante el empleo de indicadores definidos para los sectores social, económico y medio ambiente, la situación actual del recurso hídrico subterráneo en cuanto a si éste viene siendo utilizado de manera sostenible, proponiendo recomendaciones si no fuese el caso.

En ese sentido, la importancia de determinar los actuales patrones de extracción del agua subterránea, así como el costo de extracción de la misma, sin menos preciar el impacto a los suelos por efectuar esta labor es de suma importancia en el estado de conservación del recurso.

1.1 Marco Legal

La Constitución Política Del Perú 1993, en el Capítulo II Del Ambiente y los Recursos Naturales, incluido en el Título III Del Régimen Económico, establece el rol del Estado Peruano en cuanto al uso y otorgamiento para su aprovechamiento de los recursos naturales renovables y no renovables.

La constitución Política del Perú establece en su artículo 67º que el Estado determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de los recursos naturales, asimismo la Ley General de la Educación en su Artículo 8º, literal g) establece que “La educación peruana tiene a la persona como centro y agente fundamental del proceso educativo

Dentro del marco legal en el cual se enmarcan todas las actividades relacionadas tanto con el uso del agua superficial como subterránea están contenidas en el Decreto Ley 29338 “Ley de Recursos Hídricos”, dentro de la cual se define el Principio de Sostenibilidad¹.

Como complemento a la Constitución Política Del Perú 1993, se tiene las siguientes leyes, reglamentos y decretos supremos:

- DECRETO LEY N° 29338 “Ley de Recursos Hídricos”. (2009)
- DECRETO LEY N° 26821 “Ley Orgánica Para El Aprovechamiento Sostenible De Los Recursos Naturales”. (1993)
- DECRETO SUPREMO N° 039-2008-AG. Reglamento de organización y funciones de la Autoridad Nacional del Agua – ANA.

1.2 Justificación e importancia de la investigación

Reconociendo la importancia del ciclo del agua y la vinculación existente entre las aguas subterráneas y superficiales a efectos de su manejo y gestión, en todas las regiones del planeta, pero en especial en regiones áridas como es la franja costera del Perú; en las cuales el uso del agua subterránea es indispensable como fuente de agua para satisfacer las demandas hídricas de los cultivos durante los meses de estiaje.

La importancia de tener en consideración la urgente necesidad de disminuir la pérdida y degradación de acuíferos costeros, en el contexto de las políticas de desarrollo sostenible y mantenimiento de la disponibilidad de un recurso tan necesario. Considerando, que el mantenimiento del rendimiento sostenible de la mayor parte de los acuíferos, especialmente de los ubicados en zonas áridas y semiáridas, está fuertemente ligado al aporte de agua superficial y al volumen de extracción a través de pozos de agua;

Es por ello, que siendo consciente de la importancia que el aprovechamiento del agua subterránea tiene en el desarrollo económico y en el incremento del bienestar social en muchas regiones (principalmente debido a la agricultura de regadío), e igualmente

¹ El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran. El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

consciente de los impactos negativos que se pueden originar en los reservorios acuíferos y en el ambiente que estos mantienen un desarrollo incontrolado y carente de planificación de las aguas subterráneas y reconociendo el valor de los Lineamientos para la asignación y el manejo de los recursos hídricos subterráneos contenidos en la Ley de Recursos Hídricos;

Adicionalmente, es importante tener en cuenta que la mayoría de regiones en ocasiones adolecen de una gestión y control eficiente del aprovechamiento del agua subterránea y no incorporan en sus planes estratégicos el concepto de manejo sostenible. Es por ello, y conscientes de las dificultades existentes a la hora de compatibilizar los intereses de los usuarios agrícolas con los criterios de conservación de los recursos hídricos y a que no se tiene en cuenta la problemática ambiental, que gran parte de los conflictos que se puedan estar originando por la falta de acciones concretas orientadas a dar solución al problema de la falta de agua debe de contar con la participación de todos los agentes involucrados en la gestión y uso de los recursos hídricos subterráneos.

La necesidad de adecuar una metodología de manejo sostenible del recurso hídrico subterráneo que permita cubrir la brecha en la demanda de recurso hídrico superficial que existe en la mayoría de los meses del año (mayo a diciembre) con fines de riego, ya que como se menciona: entre las funciones beneficiosas más importantes del agua subterránea están la irrigación para la producción de alimentos e insumos, suministro a hogares (bebida, cocina, e higiene), y como un factor de producción en los procesos industriales.
Loáiciga, H. A., 2003.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Analizar el manejo sostenible del agua subterránea con fines de riego en el valle de Acarí mediante la utilización de indicadores pre establecidos.

1.3.2 Objetivos específicos

- Valoración del estado general del uso y conocimiento respecto al recurso hídrico subterráneo en el valle de Acarí.

- Identificación de deficiencias respecto al uso y conocimiento respecto al recurso hídrico subterráneo en el valle de Acarí.
- Proporcionar una metodología para la evaluación de indicadores utilizados en la evaluación del acuífero de Acarí respecto al manejo sostenible del recurso hídrico subterráneo.

2.0 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Conceptos generales

Usuario de agua.- Según el Artículo 1º del, del Título I, del Decreto Supremo N° 057-2000-AG, se denomina usuario de agua a toda persona natural o jurídica que hace uso del agua bajo régimen de licencia y que se encuentre registrado en el respectivo Padrón de Usos de agua.

Asimismo, se denomina **usuario de agua hábil** aquel que esté al día en el pago de su tarifa por uso de agua. El usuario de agua subterránea en el valle de Acarí, con fines agrícolas, no paga por tarifa de uso de agua.

La complejidad y los conflictos derivados de los usos competitivos del agua obligan a no considerar aisladamente el agua subterránea, sino a analizarla conjuntamente con las aguas superficiales como un sistema único. Dourojeanni (1978), define los siguientes términos empleados en el análisis del sistema, los cuales son emplearemos a lo largo de la presente investigación:

Sistema.- Es el conjunto de procesos físicos, químicos y/o biológicos en las que actúan las variables de entrada para convertirse en variables de salida.

Parámetro.- Es una cantidad característica de un sistema hidrológico el cual permanece constante en el tiempo.

Segnestam, (2002), define que en el trabajo con los indicadores, hay varios términos que se calculan con frecuencia. Los más comunes son: los datos, indicador, índice e información. La Figura 1 demuestra cómo los datos, indicadores, índices y la información se ligan uno al otro.

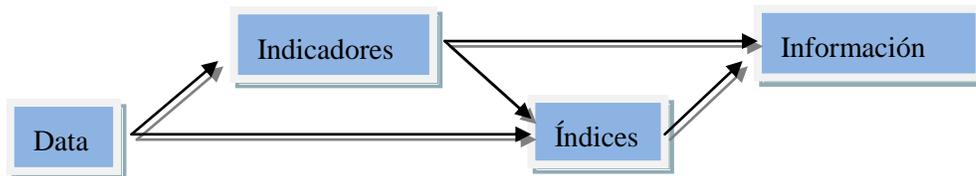
Indicadores.- se definen como medidas que presentan información relevante sobre tendencias de una manera fácil de comprender. Los buenos indicadores deben ser medibles, constantes, basado en la información fácilmente disponible u obtenible, y

comparable entre varias regiones geográficas. (Kranz y otros. 2004, Steinman y otros. 2004).

Índice.- Número con que se representa convencionalmente el grado o intensidad de una determinada cualidad o fenómeno.

Tasa de crecimiento.- Tasa a la cual una población o producción está aumentando o disminuyendo en el periodo de un año, expresada como un porcentaje de la población del año base.

Figura 1: Indicadores y Criterios para la Sostenibilidad del agua Subterránea



Fuente:Segnestam, 2002.

Steinman (2007), desarrolló los indicadores de sostenibilidad del agua subterránea, los cuales son particularmente importantes, ya que los recursos del agua subterránea están en gran parte ocultos y el conocimiento que se tiene de ellos es, en la mayoría de los casos, parcial e incompleto. Estos indicadores proporcionan un sostén basado en la ciencia, en la cual las políticas de sostenibilidad del agua subterránea puedan ser desarrolladas, evaluadas, modificadas, y/o adoptadas.

Recarga Neta q_{nr} .- Es el ratio de la cantidad neta de agua que se dirige a la superficie freática a través de la matriz del suelo. Mobin-ud-Din Ahmad (2002).

$$q_{nr} = q_{(h_m=0)}^{\downarrow} - q_{(h_m=0)}^{\uparrow} \dots\dots\dots (1)$$

Uso Neto del Agua Subterránea.- Es la diferencia entre el agua extraída por los pozos para irrigación I_{tw} y la recarga neta q_{nr} . Mobin-ud-Din Ahmad, 2002.

A *escala de campo*, puede ser estimada como:

$$I_{ngw} = I_{tw} - q_{nr} \dots\dots\dots (2)$$

A una *escala regional o de cuenca*, esta puede ser estimada por el **balance de agua en la zona saturada**:

$$I_{ngw} = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{A} - S_y \frac{dh}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

Para entender y cuantificar los mecanismos de recarga, así como la contribución del agua subterránea a la irrigación en sistemas de acuíferos freáticos, se presenta la Figura 2, en la cual distintos flujos del agua a través del suelo son mostrados en una columna de suelo de dimensión vertical.

Donde P_n es la precipitación neta (precipitación total menos las pérdidas por interceptación P_i y el escurrimiento superficial), I_{cw} es el flujo de agua de irrigación proveído por el canal de riego, I_{tw} es el flujo de agua de irrigación con agua subterránea (agua de pozo), ET_a es la evapotranspiración, y q es el límite inferior de flujo de la zona no saturada. La recarga $q^{\downarrow}_{(hm=0)}$ es el flujo de percolación a través del suelo que alcanza la superficie freática, es decir donde el potencial mátrico o la carga de presión es cero ($hm = 0$). De manera similar, el ascenso capilar $q^{\uparrow}_{(hm=0)}$ es el flujo de ascenso desde la superficie freática a la zona no saturada.

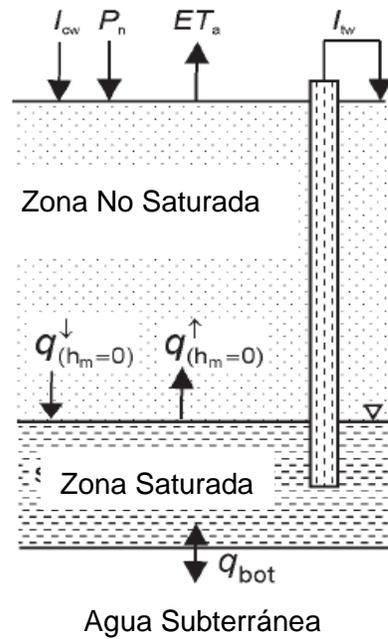
La fuente de agua para riego puede provenir de tres distintas fuentes: I_{cw} , I_{tw} , y P_n .

Para el manejo sostenible del agua subterránea, es importante estimar la dependencia de la agricultura al recurso hídrico subterráneo. El **ratio del recurso hídrico subterráneo** ξ

puede ser estimado por el caudal de irrigación con agua subterránea I_{tw} del total del agua proveniente de las tres fuentes: I_{cw} , I_{tw} , y P_n .

$$\xi = I_{tw} / (I_{cw} + I_{tw} + P_n) \dots\dots\dots (4)$$

Figura 2: Esquematzación de los diferentes flujos a través del suelo en un acuífero freático



Fuente: Mobin-ud-Din Ahmad, 2002.

Bajo condiciones de pre-desarrollo, un sistema de agua subterránea se encuentra en equilibrio por largo tiempo, y la recarga es igual a la descarga (Alley y otros, 1999), como se muestra esquemáticamente en la Figura 3.

Figura 3: Esquema del flujo de agua en condiciones de pre-desarrollo



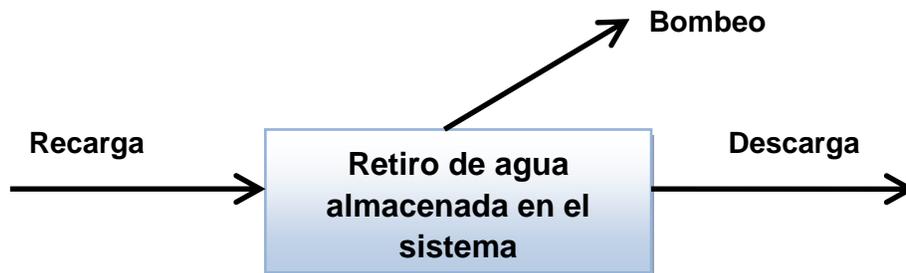
Fuente: Alley & otros, 1999.

La descarga puede ser a arroyos, lagos, humedales, cuerpos de agua salada, manantiales, o vía evapotranspiración, mientras que la recarga puede ser por percolación de la precipitación a través del suelo no saturado hasta la tabla de agua o por ingreso a través de arroyos, lagos y humedales (Alley & otros, 1999).

Cuando el agua subterránea es extraída mediante bombeo (Figura 4), esta abstracción debe ser suplida por (Theis, 1940):

- Más agua entrando al sistema (incremento en la recarga)
- Menos agua saliendo del sistema
- Retiro del agua almacenada
- Alguna combinación de los tres factores anteriores.

Figura 4: Esquema de flujo de agua mostrando cambios ocurridos por efecto de la extracción de agua subterránea (Alley & otros., 1999)



Fuente: Alley & otros, 1999.

La captura, y sus implicaciones para la sostenibilidad, puede también ser descrita por ecuaciones de balance de agua muy simples (Lohman, 1972):

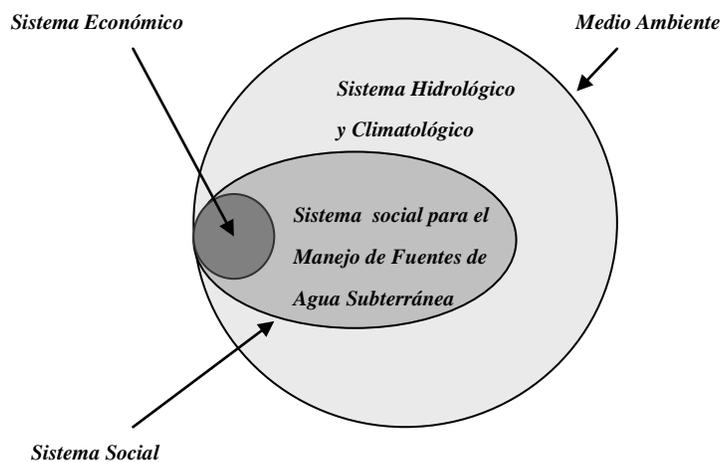
$$R + \Delta R = D + \Delta D + Q + S \Delta h / \Delta t \dots\dots\dots (5)$$

donde:

R = recarga natural
 ΔR = cambio en la recarga causado por bombeo
D = descarga natural
 ΔD = cambio en la descarga causado por bombeo
Q = ratio de extracción
S $\Delta h/\Delta t$ = ratio del cambio en el almacenamiento

La Figura 5 muestra la perspectiva general de sistemas y como se relacionan e interactúan el medio ambiente, el sistema económico, y el sistema social.

Figura 5: Perspectiva general de sistema.



Fuente: Rhonda Kranz, Stephen P. Gasteyer, Theodore Heintz, Ronald Shafer, and Alan Steinman

2.2 Conceptos de Sostenibilidad

“Los sistemas de recurso de agua sostenibles son aquellos diseñados y manejados para contribuir totalmente a los objetivos de la sociedad, en el presente y en el futuro, manteniendo su integridad ecológica, medioambiental, e hidrológica”. ASCE, 1998.

La sostenibilidad implica la provisión de servicios más eficientes que mantienen la salud y bienestar público, son costo-efectivo, y reduce los impactos medio ambientales negativos, hoy y para el futuro. Sahely, H. R., Kennedy, Ch. A., & Adams, B. J. (2005).

La explotación sostenible del acuífero se define como el retiro a largo plazo de agua subterránea que busca funciones beneficiosas evitando los impactos negativos. En este contexto, "a largo plazo" significa el retiro del agua subterránea que se extiende por encima de un período de tiempo arbitrariamente largo, para que los beneficios del agua subterránea usada aumenten indefinidamente. Loáiciga, H. A., 2003.

"Los sistemas de recursos de agua manejados para satisfacer las demandas cambiantes, ahora y en el futuro, sin la degradación del sistema, puede llamarse Sostenible". Loucks, 2000.

Los elementos claves de cada una de las definiciones propuestas en la literatura son (i) la evaluación apropiada de los factores medio ambientales, económicos, y sociales relevantes; (ii) La consideración de horizontes temporales y espaciales expandibles; (iii) equidad intergeneracional; y (iv) la necesidad de consideraciones multidisciplinarias (Foxon et al. 2002; Rijsberman and van de Ven 2000; ASCE/UNESCO 1998).

El alcance interdisciplinario es crucial para incorporar de una mejor manera el paradigma de la sostenibilidad en el ciclo hidrológico completo. El término "integridad ingenieril" ayuda a enfocarse en la calidad de los servicios que provee la infraestructura y para asegurar una eficiencia continúa en el tiempo. (Loucks et al. 2000; Margerum 1999).

Principios del desarrollo sostenible del recurso hídrico subterráneo.- Das Gupta & Puspa R. Onta (1977), plantean que el desarrollo sostenible del recurso hídrico subterráneo depende del entendimiento de los procesos que componen el sistema acuífero, del monitoreo cuantitativo y cualitativo del recurso, y de la interacción entre el suelo y el desarrollo del agua superficial. Los siguientes principios claves reflejan los diferentes aspectos de interés en la evolución de la sostenibilidad en el desarrollo del agua subterránea:

- (a) conservación a largo plazo del recurso hídrico subterráneo;
- (b) protección de la calidad del agua subterránea de la degradación significativa; y
- (c) consideración de impactos medio ambientales por parte del desarrollo del recurso hídrico subterráneo.

El desarrollo sostenible del agua subterránea tanto a escala local como global no es el balance de la disponibilidad de almacenamiento del acuífero para satisfacer un solo beneficio como son las demandas de los usuarios, pero si el mantenimiento y protección del recurso hídrico subterráneo para balancear los requerimientos económicos, ambientales y humanos (sociales). La interpretación del desarrollo sostenible del agua subterránea se muestra en la Figura 6.

2.3 Medición de la sostenibilidad

De acuerdo con McLaren and Simonovic (1999), existen dos tipos de unidades métricas para medir la sostenibilidad, llamados indicadores y criterios.

2.3.1 Indicadores versus criterios

Los indicadores son útiles para monitorear y medir el estado del medio ambiente considerando un número manejable de variables o características (McLaren and Simonovic 1999). Por otro lado, el criterio de sostenibilidad es la norma/referencia (ej., el objetivo o condición “ideal” en la comparación relativa de indicadores).

2.3.2 Requisitos de medida

Los indicadores deben de tener los siguientes requisitos para poder ser medidos. Stufflebeam, (1985):

- Observación: los datos reclamados por el indicador deben ser observables.
- Replicabilidad: los datos que reclama el indicador pueden ser observados por diferentes evaluadores simultáneamente o en situaciones distintas.
- Aplicabilidad: los medios que se utilizan para recoger los datos que reclama el indicador son adecuados.
- Accesibilidad: las fuentes que facilitan la información solicitada por el indicador deben ser accesibles.

- Codificación: los datos deben poseer una forma de anotar y valorar la información recogida.
- Ponderación: los indicadores pueden tener un peso específico dentro de un sistema de indicadores.
- Expresión cuantitativa: los datos obtenidos por los indicadores pueden interpretarse numéricamente.
- Obtención de índices: los datos obtenidos por los indicadores deben poder relacionarse numéricamente con los de otros indicadores.

2.3.3 Operacionalización de las variables - mediciones

Proceso que sufre una variable (o un concepto en general) de modo tal que a ella se le encuentran los correlatos empíricos que permiten evaluar su comportamiento en la práctica. “la definición operacional de un concepto consiste en definir las operaciones que permiten medir ese concepto o los indicadores observables por medio de los cuales se manifiesta ese concepto”. Hempel (1952).

Variable.- El término variable se define como las características o atributos que admiten diferentes valores (Ary, Jacobs y Razavieh, 1982). Las **Variables continuas** miden atributos que toman un número infinito de valores.

2.3.4 Ponderación de indicadores

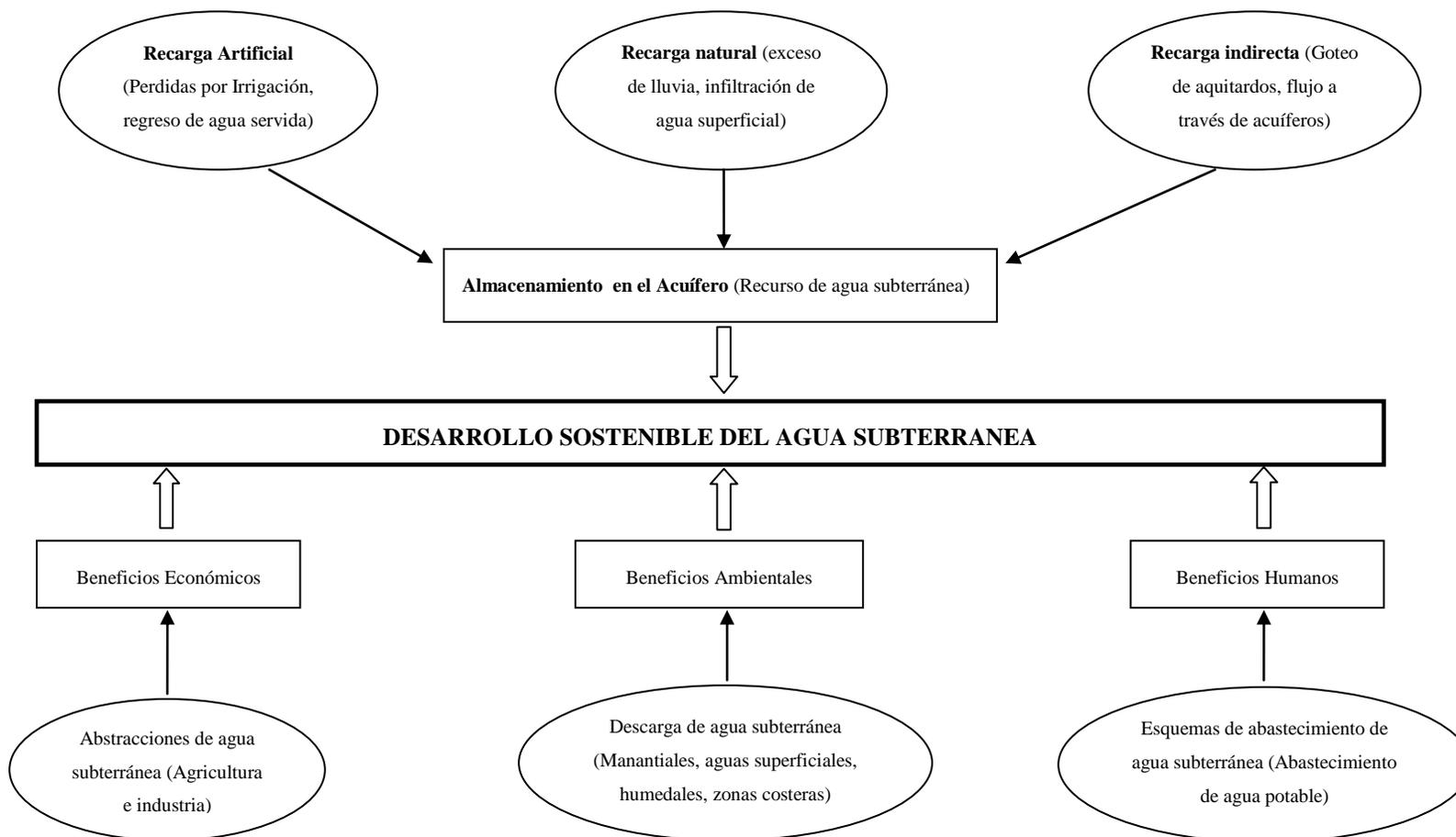
Los criterios e indicadores (C+I) para evaluar el Manejo Sostenible del Acuífero – MSA proporcionan información esencial para la formulación de políticas que promuevan el MSA. En tal sentido se define lo siguiente:

- Criterios: categorías de valores de los acuíferos que se desean mantener.
- Indicadores: aspectos mensurables de los criterios.
- Verificadores: datos que facilitan la evaluación de un indicador.

Los criterios e indicadores para evaluar el MSA han sido tomados del “Reporte a la Legislatura de Michigan: “Criterios e Indicadores Recomendados para la Sostenibilidad del Agua Subterránea para el Estado de Michigan”, del 9 de Abril del 2007; preparado por el Dr. Alan Steinman, del Annis Water Resources Institute de la Universidad Grand Valley State.

Los criterios e indicadores a evaluar se aplican a tres sectores: medio ambiente, económico y social.

Figura 6: Desarrollo sostenible del agua subterránea a través del balance de los ingresos como recarga y al almacenamiento del acuífero contra las salidas como descarga para beneficios económicos, medio ambientales y humanos (sociales)



Fuente: Desarrollo sostenible del agua subterránea. Hiscock, K. M., Rivett, M. O. & Davison, R. M. (2002).

Índices relativos.- se obtiene de dividir dos categorías relacionadas de la variable y comparar el resultado para otros años. Este índice es importante para determinar la consistencia del indicador

Análisis estadístico demográfico.- Este análisis contempla el empleo de diagramas y gráficos y la generación de estadísticas de tendencia central y dispersión, a fin de hallar la distribución de los valores de las variables y detectar la probable presencia de valores discordantes.

Motricidad (o arrastre).- Es cuanto influye una variable en otra.

Dependencia.- Es cuando una variable es muy influida por otras.

Variables excluidas (Zona I).- Zona de salida. Zona de baja motricidad y baja dependencia.

Variables resultantes (Zona II).- Zona de autonomía. Zona de baja motricidad y alta dependencia.

Variables de enlace. (Zona III).- Zona de conflicto. Zona de alta motricidad y alta dependencia.

Variables motrices (Zona IV).- Zona de poder. Zona de alta motricidad y baja dependencia.

Variables *Border Line*.- Son variables que se localizan sobre los ejes y por lo mismo son difíciles de analizar.

2.4 Descripción del área de estudio

2.4.1 Características Generales del Área de Estudio

2.4.1.1 Ubicación

Ubicación Política

En lo que respecta al área de estudio el acuífero de Acarí, se encuentra ubicado en la Región Arequipa, provincias de Caravelí, distritos de Acarí y Bella Unión.

Ubicación Geográfica

El área de estudio se encuentra entre las siguientes coordenadas UTM:

- N 548,000 – 523,000
- E 8'315,000 – 8'268,000

2.4.1.2 Vías de Acceso

El valle del río Acarí y la pampa de Bella Unión, están ubicados aproximadamente a 560 km al sur de la ciudad de Lima. La infraestructura vial del valle en estudio, está constituida por dos (2) redes principales:

- La carretera panamericana sur como principal vía de comunicación.
- Adicionalmente se cuenta con una vía de penetración que permite acceder al valle de Acarí y la irrigación Bella Unión.

2.4.2 Características Medio Ambientales

De acuerdo con la información disponible, la precipitación pluvial en la zona de estudio es de escasos milímetros en el sector de costa registrando un promedio total anual de 1.9 mm en la estación de Acarí y de 9.5 mm en la estación de Huarato.

La temperatura media mensual en la zona de costa es de 19° C aproximadamente, alcanzado el promedio más alto en febrero y el más bajo en agosto.

La presión atmosférica en la cuenca de Acarí tiene un promedio anual de 1012.7 mb. y el régimen mensual varia en forma regular presentando la mínima en febrero con 1010.3 mb., en el cual se incrementa progresivamente hasta agosto alcanzando 1014.5 mb. La oscilación media anual es de 4.2 mb.

La humedad relativa oscila entre 72% para Acarí en el sector de la costa y de 83.8 % para el sector de Punta Lomas.

La evaporación en la zona de costa tiene un total anual de 1,200 mm, siendo mayor de noviembre a mayo con un promedio mensual de 130 mm, y menor de junio a octubre con un promedio mensual de a 84 mm.

La estación meteorológica de Juan Bautista de Marcona, ubicada a 31 m.s.n.m., es la que registra información sobre la ocurrencia de vientos superficiales. Los datos registrados corresponden a un período de 13 años (1958 – 1970). Los vientos predominantes son del Sur (S) y Sur-Este (SE) con velocidades máximas mensuales en promedio de 13.3 Km/h.

2.4.2.1 Suelos

A lo largo del valle Acarí se asientan terrenos agrícolas cuyos suelos son de muy buena calidad. Se caracterizan por ser de textura franco arcillosa a franca, con pH neutro, de buena capacidad de intercambio catiónico - CIC y presencia de piedras y guijarros en algunos lugares a largo del lecho del río. El área de estudio comprende cuatro paisajes fisiográficos, que a continuación se presentan:

A. Llanura aluvial inundable

Este paisaje lo constituyen los suelos ubicados en la llanura aluvial inundable (piso del valle), en el cauce actual de río, en el lecho de inundación periódica, y en aquellas áreas de antiguos cauces que han sido ganadas progresivamente para la agricultura.

La presencia de cantos rodados y arena es común en las zonas de inundación, cauce de río y riberas. Los problemas de drenaje en estos suelos son serios, no así en cuanto a la salinidad, igualmente están sujetos a erosión lateral durante la época de avenidas.

B. Llanura aluvial no inundable

Conformado por suelos por lo general profundos y de buenas características texturales que varían desde el franco hasta el franco grueso, en estos suelos se detectan problemas de salinidad.

C. Abanicos aluviales

Este paisaje comprende los suelos que se encuentran dentro del abanico aluvial reciente de las quebradas laterales del cauce principal y que en conjunto han formado una llanura, contribuyendo de este modo a ampliar el área agrícola. Son principalmente de características físicas cambiantes. Se tiene así, desde suelos profundos y de textura moderadamente gruesa hasta superficiales y de textura gruesa o moderadamente gruesas.

D. Valle encajonado

Se trata de suelos que se encuentran en terrazas de diferentes niveles, estando algunas interrumpidas por los conos de deyección de las quebradas que confluyen al valle. Algunos de los suelos presentan problemas de salinidad, siendo sus características principales, la textura gruesa, presencia de grava redondeada y pedregosidad angular y sub angular.

2.4.2.2 Hidrología

La cuenca del río Acarí pertenece a la vertiente del Pacífico y tiene una dirección Sur – Oeste, limitado por el Oeste con la cuenca del río Grande, por el Norte con la cuenca del río Pampas, por el Sur – Este con la cuenca del río Yauca, y por el Sur – Oeste con la intercuenca del río Lomas y el Océano Pacífico.

La cuenca del río Acarí tiene una extensión aproximada de 4,373 Km², correspondiendo el 62 % (2,705 km²) al área de la cuenca imbrífera o húmeda limitada en su parte inferior por la cota 2,800 m.s.n.m.

La fuente de agua de escorrentía superficial es la precipitación estacional que ocurre en la parte alta de la cuenca. El Cuadro1 muestra la respuesta de la cuenca, en lo concerniente al escurrimiento superficial.

Cuadro 1: Descargas mensuales (m³/s) del río Acarí. Estación Bella Unión (1960-2005)

Año	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
Promedio	0.64	0.55	0.67	1.13	4.02	22.94	56.63	47.99	16.89	3.22	1.31	0.89
Max	1.52	1.84	6.96	7.85	17.26	73.94	237.23	127.18	49.32	8.88	4.42	2.37
Min	0.06	0.09	0.04	0.00	0.14	1.00	0.53	0.88	0.41	0.08	0.08	0.09
Dv. Est.	0.41	0.36	1.02	1.51	4.38	20.35	52.98	33.91	12.35	2.23	0.96	0.61

Fuente: Apacla, 2006.

El agua subterránea como parte de la oferta de recursos hídricos en el valle del río Acarí ha venido siendo utilizado por los pobladores del valle y de la irrigación Bella Unión para complementar las necesidades de agua con fines doméstico, agrícola, pecuario e industrial.

Según el Estudio "Monitoreo de las Aguas Subterráneas Evaluación en el Valle Acarí, del 2007 muestra la existencia de 178 pozos en Acarí, de los cuales 165 son pozos a Tajo abierto y 13 tubulares; mientras que en Bella Unión existen 234 pozos de los cuales 4 son mixtos, 192 son pozos a tajo abierto y 38 tubulares.

2.4.2.3 Uso Actual de la Tierra

El uso que se le da a la tierra en la zona de estudio se muestra en el Cuadro 2. Este cuadro permite apreciar el uso que se le da a la tierra para el período 2008 - 2009.

Los terrenos están destinados básicamente a: zonas urbanas, terrenos agrícolas, industria y comercio, y por terrenos sin ocupar, lo cual incluye terrenos eriazos y zonas arqueológicas.

Cuadro 2: Uso Actual de la Tierra en el Valle de Acarí. Período 2008-2009

Distrito	Uso Actual	Área (Ha)	Área que representa (%)
Acarí	Urbano	55.00	2.11
	Agrícola	2536.27	97.45
	Industrial*	2.75	0.11
	Ruinias	5.00	0.19
	Eriazos	3.5	0.13
Sub Total		2602.52	38.4
Bella Unión	Urbano	54	1.32
	Agrícola	4017.38	98.28
	Industrial*	7.06	0.17
	Eriazos	9.20	0.22
Sub Total		4087.64	61.6
Total		6690.16	100.00

Fuente: ATDR-AYP, 2006. (*) Porcentaje (5%) del área Urbana.

2.4.2.4 Características Hidrogeológicas

Las características hidrogeológicas del acuífero de Acarí corresponden a los depósitos aluviales más potentes y de mayores extensiones que están en la cuenca inferior del río Acarí, específicamente en los conos de deyección, coincidentes con la unidad morfoestructural de la depresión de Nazca.

El acuífero del río Acarí está formado por potentes depósitos del Terciario y Cuaternario, descansando sobre el basamento impermeable compuesto por rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas. El espesor máximo estimado del acuífero varía entre los 65 y los 160 m. en toda el área. Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones (1981).

2.4.2.5 Configuración del Acuífero

De estudios previos, ha sido posible determinar la configuración del reservorio acuífero, el cual está constituido principalmente por depósitos fluvio – aluviales y en forma secundaria por depósitos aluvio – coluviales y terrazas marinas. Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones (1981).

En los sectores de la Joya, El Molino, Cruz Pata, Pueblo de Acarí y Tambo Viejo, debido a sus características de deposición del material no consolidado, el acuífero está constituido principalmente por cantos rodados, gravas, arenas arcillosas, arcillas e inclusiones de bloques. En estos sectores, el acuífero es netamente libre y de mejores características hidrogeológicas.

En el sector de Portachuelo, el acuífero decrece en calidad por la presencia de horizontes salinos sobre todo en los primeros 20 metros; por otro lado, dado que el material cuaternario se hace más fino, el acuífero disminuye en calidad hidrogeológica.

En el sector correspondiente a la segunda terraza, el acuífero se encuentra confinado, el cual se hace evidente por la presencia de agua que asciende 1.50 m. por encima del nivel de terreno (Pozo IRHS 05).

En el sector de Bella Unión, el acuífero está constituido por gravas angulares y subangulares entre mezcladas con material arcilloso, que desde ya por su estructura misma y su deposición de dan condiciones no muy favorables como reservorio acuífero.

En los sectores que comprende Pampita Monterrey, Pampa del Toro Muerto y Platino, el acuífero está conformado por un conglomerado de cantos rodados en una matriz arenosa y con horizontes de evaporitas (sal y yeso) y restos de conchas marinas, lo cual hace decrecer su calidad como reservorio acuífero.

A. Geometría del Acuífero

El acuífero se extiende sobre el cono de deyección del río Acarí, desde el sector de Humarote hasta el litoral. El límite inferior lo constituye el basamento rocoso impermeable y el límite superior está determinado por la superficie freática. INRENA. ATDR-AYP (2003).

Tomando en consideración los resultados obtenidos a través de la prospección geofísica por medio del sondaje eléctrico vertical, se ha podido determinar el espesor del acuífero el cual varía entre 65 y 160 m. en toda el área. El área superficial del acuífero, según la Figura 7 es de 246.53 Km². WMC (2007).

En el sector de Bella Unión, en lugares como Santa Inés y Santa Julia los espesores varían entre 130 a 140 m. Hacia la parte occidental, en las zonas de Santa Fé y Ninabamba, los espesores del acuífero van disminuyendo, los cuales alcanzan espesores que fluctúan entre 70 a 90 metros. Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones (1981).

En cuanto al área del poblado de Acarí, hacia el cauce del río, se aprecia que el acuífero presenta potencias hasta de 125 m., en tanto disminuye hacia los extremos del valle. Hacia ambos extremos del valle, las profundidades del substrato van disminuyendo. Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones (1981).

En el tramo comprendido entre La Joya, El Molino y Cruz Pata, se observan las mayores potencias del acuífero, éstas varían de 100 a 160 m. en Lucasi, las cuales se encuentran influenciadas por grandes acumulaciones de material aluvio – coluvial.

Asimismo, se debe indicar que los límites laterales del reservorio acuífero, en su parte superior y media, está constituido por rocas ígneas mayormente del Batolito de la Costa y en menos proporción por rocas del Volcánico Intrusivo Bella Unión, cuya prolongación constituye el fondo o substrato impermeable del acuífero.

B. Características Hidráulicas del Acuífero

Las características hidráulicas del acuífero están representadas por su transmisividad (T), permeabilidad (K) y coeficiente de almacenamiento (S), los cuales han sido determinados mediante pruebas de bombeo a caudal constante realizados en pozos representativos. En el Estudio “Inventario y Evaluación de Aguas Subterráneas - Cuenca del Río Acarí” (1980) se presenta los resultados de 12 pruebas de bombeo.

Los valores de transmisividad del acuífero de Acarí varían de 0,52 a $1,83 \times 10^{-2}$ m²/s y sus permeabilidades varían de 2,21 a $4,38 \times 10^{-4}$ m/s, con un coeficiente de almacenamiento de 3,7%, mientras que en el acuífero en la zona de Bella Unión la transmisividad varía de 4,27 a $8,35 \times 10^{-2}$ m²/s; la permeabilidad de 21,83 a $223,29 \times 10^{-4}$ m/s, el coeficiente de almacenamiento varía de 7,5% a 8,9%.

2.4.2.6 Características de la tabla de agua

La característica que muestra la tabla de agua presente en el acuífero de Acarí es, en su mayoría, del tipo libre. El acuífero tiene como fuente de alimentación principal a la infiltración de las aguas provenientes del río Acarí y de manera secundaria a las infiltraciones de los canales de riego y de las áreas agrícolas que se encuentran bajo riego. DGASI, 1981.

Adicionalmente, se presentan manifestaciones de acuíferos confinados en la segunda terraza, jurisdicción de la CC.RR. Acarí Bajo, debido a la presencia de niveles de agua del tipo piezométrico (pozo IRHS 05). La altura que alcanza la columna de agua, por encima del nivel del terreno, es de 1.50 m. Medición realizada en abril del 2009.

A. Profundidad del techo del nivel del agua del acuífero libre

La profundidad del nivel estático en el área de estudio varía de 0.00 a 17.00 m., en base a las mediciones realizadas durante el trabajo de inventario de pozos realizado el 2003.

El Cuadro 3 muestra el resumen de los límites de variación de la profundidad de la tabla de agua para el año 2003, en el valle de Acarí.

B. Serie de tiempo de la variación del nivel de agua del acuífero libre

La medición de la variación del nivel freático se realiza dos veces al año en los pozos que conforman la red de monitoreo del valle de Acarí. La red piezométrica está conformada por 97 pozos, de los cuales 43 están ubicados en el distrito de Acarí y 54 pozos en Bella Unión.

La red piezométrica, así como los valores de variación del nivel freático y el gráfico correspondiente se muestran en el Anexo 2. Ver Cuadros 44 y 45.

Cuadro 3: Límites de variación de la profundidad de la tabla de agua

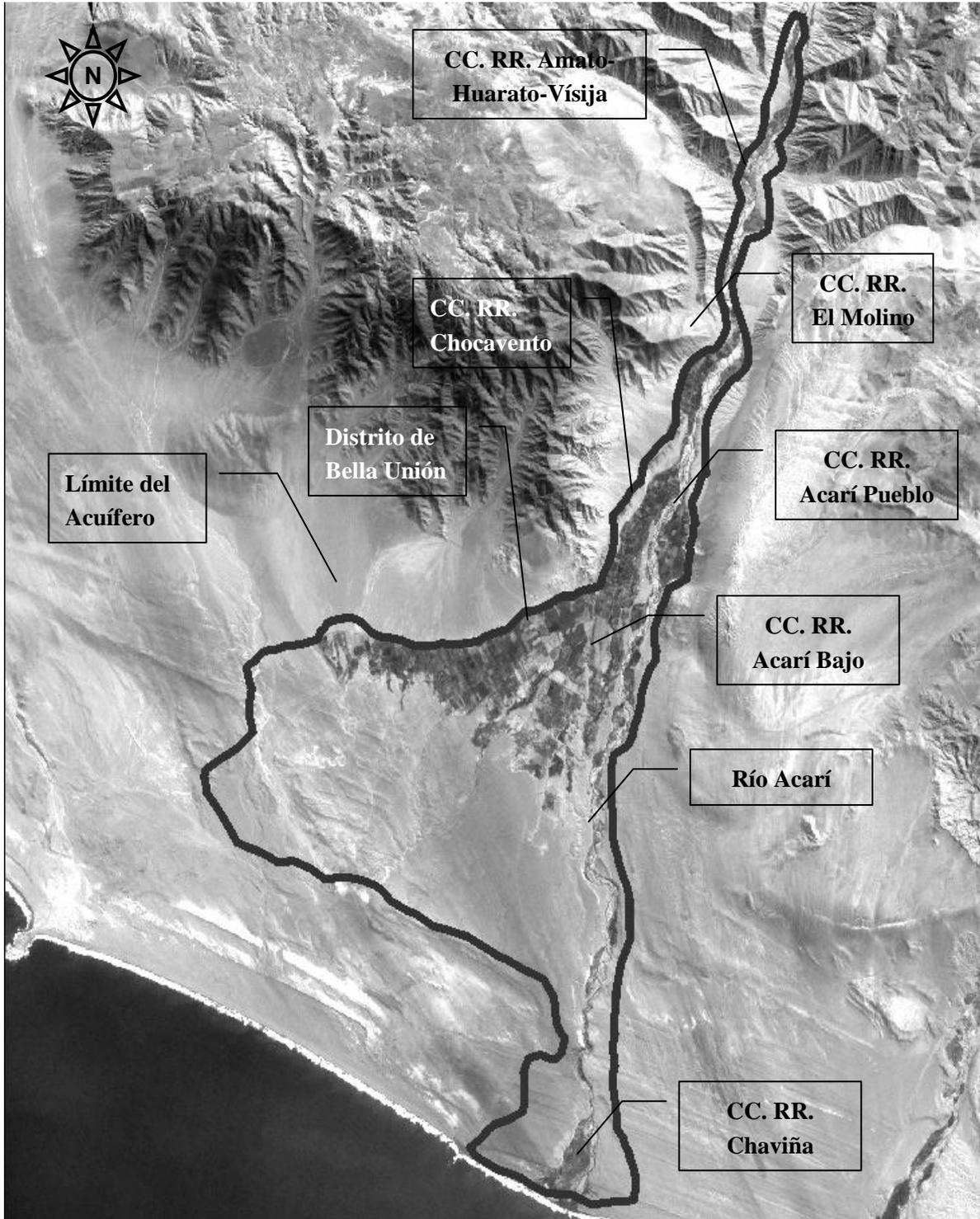
Zona	Sector	Variación Nivel de la tabla de agua (m)
I	Chaviña	2.14 – 2.56
	La Victoria	1.74 – 5.20
	Lourdes	1.75 – 11.72
	Monterrey	3.30 – 14.00
	Nápoles	2.80 – 4.50
	Ninabamba	6.60 – 14.73
	San Pablo	2.56 – 5.38
	Santa Inés- Santa Eulalia	3.40 – 13.35
	Santa Julia – Santa Fe	1.95 – 17.00
II	Acarí Antiguo	1.00 – 8.62
	Acarí Bajo	0.00 – 1.30
	Pueblo Nuevo	1.30 – 2.40
	Tambo Viejo	2.40 – 2.55
	Chocavento	0.80 – 2.82
	La Joya - El Molino	0.00 – 6.01

Fuente: INRENA. ATDR-AYP. 2003.

2.4.2.7 Calidad de agua subterránea

Como indicador de la calidad del agua subterránea, se cuenta con la variación de la conductividad eléctrica (CE), para lo cual se muestran mediciones puntuales de abril del 2005 a marzo del 2008. Ver Cuadros 56 y 57 en Anexos 3.

Figura 7: Límites del Acuífero de Acarí – Bella Unión



Fuente: Water Management Consultants, 2007.

2.4.2.8 Infraestructura de Riego

La Junta de Usuarios Bella Unión cuenta con la bocatoma denominada La Joya, ubicada en las coordenadas geográficas 74°38' de longitud Oeste y 15°27' de latitud Sur y a una elevación sobre el nivel del mar de 70 m.

La Junta de Usuarios Acarí cuenta con 42 tomas, que han sido inventariadas por la ATDR-AYP, las cuales se muestran por Comisión de Regantes.

A. La Red de Riego

La distribución del agua de riego en el Valle de Acarí se realiza por Comisiones de Regantes. El Cuadro 4 muestra las comisiones de regantes del Valle de Acarí.

La distribución del agua en el valle de Acarí es variable de acuerdo a la disponibilidad; así, en época de abundancia se declara el Estado de “Toma Libre”, y en época de estiaje, se declara el estado de “Reparto” (mita) existiendo en el lecho solo filtraciones producto del retorno del agua subterránea al río Acarí. Apacla, 2006.

Cuadro 4: Sectorización del distrito de riego Acarí-Yauca-Puquio

Distrito de Riego	Sub Distrito de Riego	Sector de Riego	Junta de Usuarios	Sub Sector de Riego	Comisiones de Regantes	Nº	Área Total (ha)	Área Bajo Riego (ha)	Nº de Predios		
Acarí-Yauca-Puquio	Acarí-Yauca	Acarí	Sub Distrito de Riego Acarí	Acarí Parte Baja	Chaviña	1	156.90	158.37	39		
					Acarí Bajo	2	790.31	505.50	175		
					Acarí Pueblo	3	272.74	276.83	94		
					Chocavento	4	567.74	562.43	138		
					El Molino	5	355.34	355.32	91		
					Huarato - Amato - Vísija	6	243.80	238.32	106		
					Malco	7	74.56	84.95	28		
		Total						2,461.39	2,181.72	671	
		Bella Unión	Bella Unión	Bella Unión	Bella Unión	Laterales	Lateral Nº 01	1	1,306.57	1227.40	113
							Lateral Nº 02	2	1,158.69	1002.08	166
							Lateral Nº 03	3	1,424.34	1394.86	178
		Total						3,889.60	3,624.34	343	

Fuente: PCR 2008-2009. ATDR – AYP.

B. Agua proveída por los canales de riego

Respecto al agua entregada por Comisión de Regantes se muestra el Cuadro 5. El valor correspondiente a la meta anual varía cada año y está en función al plan de cultivo y riego.

Cuadro 5: Volumen de agua superficial entregado por comisión de regantes

COMISION DE REGANTES	Area bajo riego (Has)	Meta anual (m3)	% entregado
CHAVIÑA	158.37	4,255,000.00	119
ACARI BAJO	510.90	13,527,000.00	103
ACARI PUEBLO	273.02	5,355,000.00	239
CHOCAVENTO	562.43	11,064,000.00	95
MOLINO	355.32	6,895,000.00	193
HUARATO AMATO VISIJA	238.32	5,099,000.00	162
TOTAL	2,098.36	46,195,000.00	158
COMISION DE REGANTES	Area bajo riego (Has)	Meta anual (m3)	% entregado
LATERAL I	1,322.01	10,946,220.10	94.00
LATERAL II	1,128.03	11,203,457.08	91.00
LATERAL III	1,424.86	16,625,146.44	94.00
TOTAL	3,874.90	38,774,823.62	93.00

FUENTE: Junta de usuarios Acarí- Gerencia Técnica

C. Infraestructura para la explotación del agua subterránea

Junta de Usuarios Acarí:

- Comisión de Regantes Huarato-Amato-Vísija; cuenta con 11 pozos, de los cuales 07 pozos son a tajo abierto y 04 tubulares. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.
- Comisión de Regantes El Molino; cuenta con 11 pozos a tajo abierto. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.
- Comisión de Regantes Chocavento; cuenta con 76 pozos, de los cuales 75 pozos son a tajo abierto y 01 tubular. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.

- Comisión de Regantes Acarí Pueblo; cuenta con 43 pozos, de los cuales 38 pozos son a tajo abierto y 5 tubulares. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.
- Comisión de Regantes Acarí Bajo; cuenta con 37 pozos, de los cuales 34 pozos son a tajo abierto y 3 tubulares. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.
- Comisión de Regantes Chaviña; cuenta con 05 pozos a tajo abierto. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.

Junta de Usuarios Bella Unión:

- Comisión de Regantes Lateral 01; cuenta con 39 pozos, de los cuales 11 pozos son a tajo abierto, 01 mixto y 27 tubulares. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.
- Comisión de Regantes Lateral 02; cuenta con 54 pozos, de los cuales 40 pozos son a tajo abierto, 02 mixtos y 12 tubulares. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.
- Comisión de Regantes Lateral 03; cuenta con 133 pozos, de los cuales 117 pozos a tajo abierto, 01 mixto y 15 tubulares. Los usuarios se sirven de agua superficial y subterránea.

2.4.3 Características Sociales

En lo que respecta al sector social, los indicadores de sostenibilidad, propuestos en la metodología, para el manejo del agua subterránea requiere del análisis de las siguientes variables:

- Educación pública, para lo cual se requiere medir el conocimiento del público respecto al recurso hídrico subterráneo, la educación que recibe el alumnado

respecto a los recursos hídricos, y si los representantes de los gobiernos locales se entrenan o capacitan en temas relacionados con los recursos hídricos.

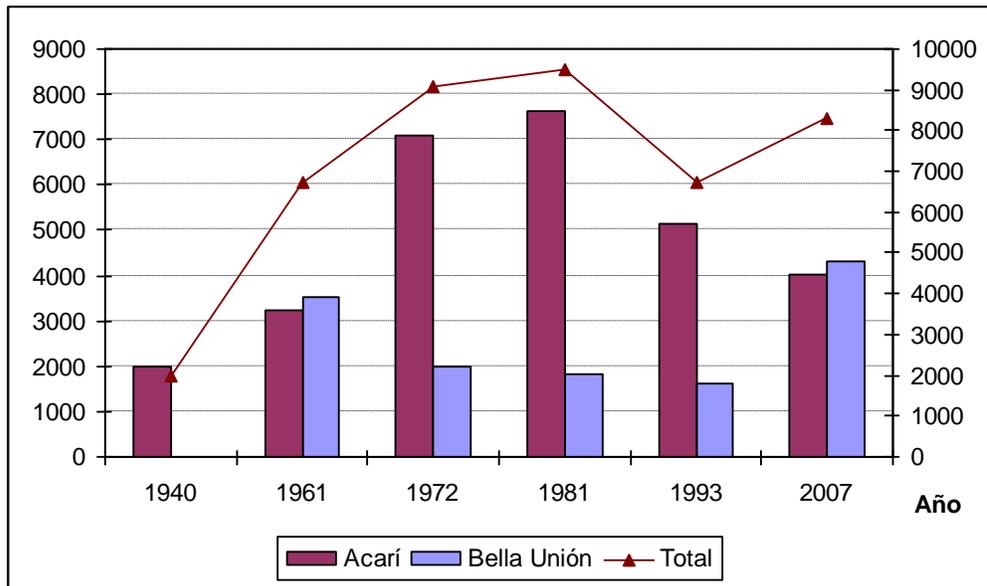
- Conservación, para lo cual se requiere medir el servicio público de agua utilizando agua subterránea, y la utilización de dicha fuente de agua por sector o usuario (doméstico, agrícola, pecuario, industrial).
- Acceso restringido al agua subterránea, para lo cual se requiere medir las restricciones de uso debido a la contaminación del recurso hídrico, el impacto adverso del recurso hídrico, y los conflictos por el uso del agua.

2.4.3.1 Demografía

La tendencia poblacional por vivir, ya sea en el distrito de Acarí o en el de Bella Unión se muestra el Gráfico 1, en el cual se aprecia el número de pobladores por distrito desde el censo del año 1940 al del 2007. Como se puede preciar la población del distrito de Acarí viene disminuyendo desde el año 1981 en el que alcanzo un máximo de 7,650 habitantes.

A diferencia del comportamiento del indicador poblacional en el distrito de Acarí, el distrito de Bella Unión muestra un incremento considerable al año 2007 contabilizando 4,296 habitantes.

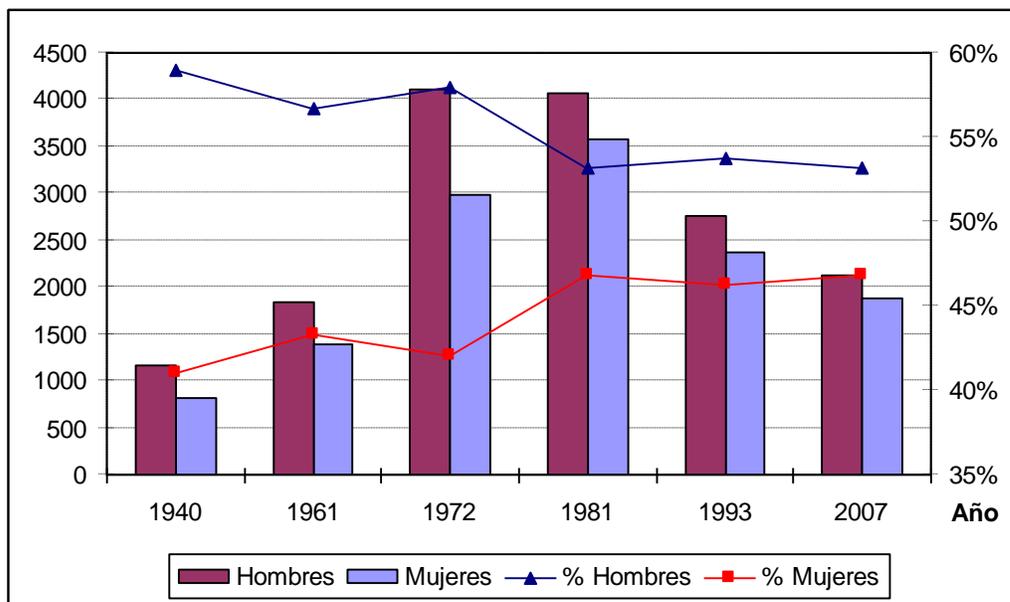
Gráfico 1: Población de los Distritos de Acarí y Bella Unión. 1940 - 2007



Fuente: INEI. Censos Nacionales 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007

El comportamiento del indicador poblacional referido al sexo de la persona, indica que en el distrito de Acarí la relación del número de hombres frente al número de mujeres está disminuyendo y viceversa. Ver Gráfico 2.

Gráfico 2: Población por Sexo. Distrito de Acarí



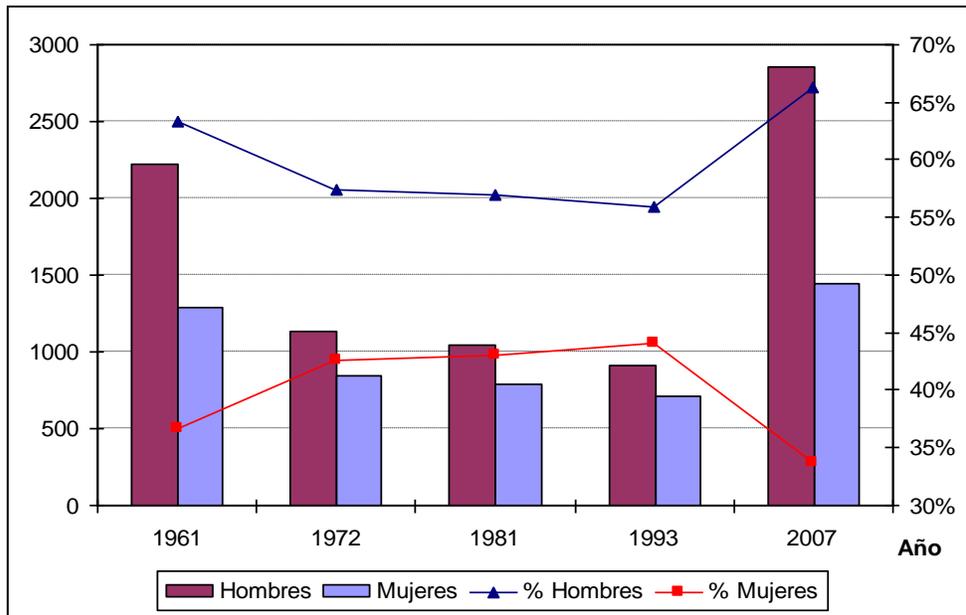
Fuente: INEI. Censos Nacionales 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007.

Con respecto al distrito de Bella Unión la relación del número de hombres frente al número de mujeres está aumentando y viceversa. Ver Gráfico 3.

En lo que respecta al comportamiento del indicador poblacional referido al tipo de población (urbana o rural), se puede apreciar, en el distrito de Acarí, que ambos vienen disminuyendo, sin embargo la población rural lo viene haciendo de manera más marcada, mostrando una brecha cada vez mayor con respecto a la población urbana, tal como se aprecia en el Gráfico 4.

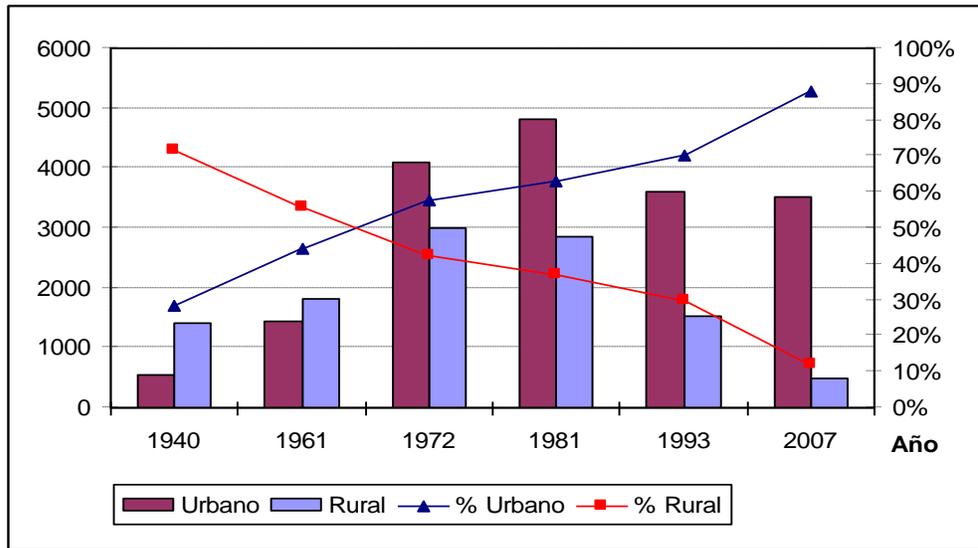
Con respecto al distrito de Bella Unión se aprecia a partir del año 1993 una tendencia creciente de similar proporción entre la población urbana y rural tal como se muestra en el Gráfico 5.

Gráfico 3: Población por Sexo. Distrito de Bella Unión



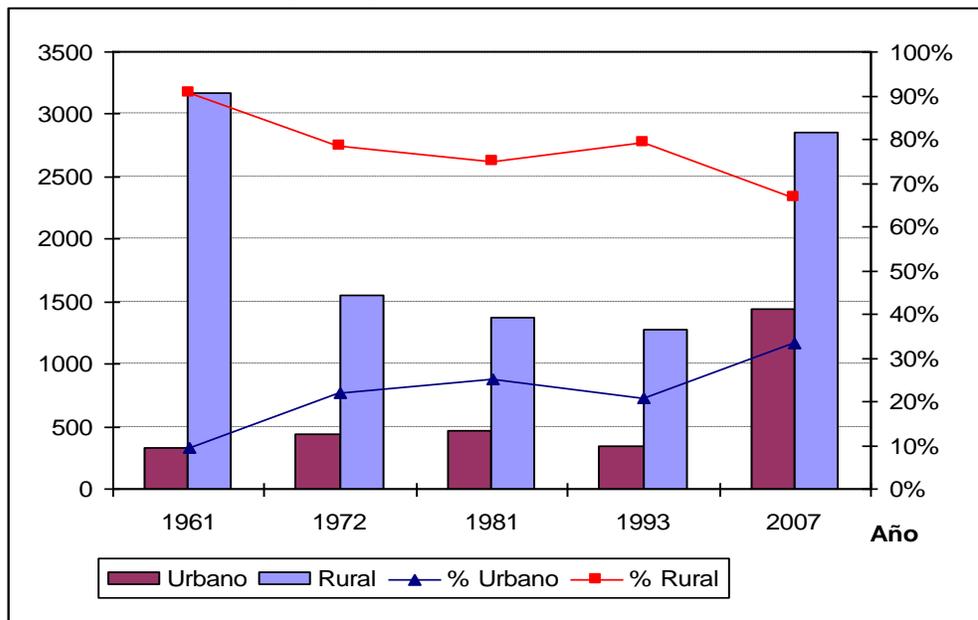
Fuente: INEI. Censos Nacionales 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007.

Gráfico 4: Población por Tipo. Distrito de Acarí



Fuente: INEI. Censos Nacionales 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007.

Gráfico 5: Población por Tipo. Distrito de Bella Unión



Fuente: INEI. Censos Nacionales 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007.

2.4.3.1 Educación

A) Concordancia con el marco legal

Desde marzo del año 2009 entró en vigencia el Decreto Ley N° 29338: “Ley de Recursos Hídricos”, el cual, establece en el Artículo III, del Título preliminar el Principio de participación de la población y la cultura del agua.

B) Antecedentes

El distrito de Acarí cuenta con educación secundaria desde el año 1964, año en que se crea el Colegio Nacional de Acarí llamado inicialmente “Sebastián Barranca” cambiado por el de “Nicolás de Piérola”. En tal sentido el año 1964, en el cual se registran 97 alumnos matriculados (Primer Año “A” con 37 y Primer Año “B” con 60 alumnos de ambos sexos) es el año base.

C) Segmento de la población a analizar

Respecto al segmento de la población a analizar se estableció tomar una muestra de la población del valle de Acarí y evaluar el conocimiento de la misma respecto al recurso hídrico subterráneo mediante una encuesta. El tamaño de la muestra es de 150 personas de ambos sexos.

Otro segmento importante de la población a analizar es el de los habitantes en edad escolar que vienen cursando el nivel educativo de secundaria. Para tal fin se analizó la tendencia en el número total de alumnos matriculados en el período 2004-2008.

Habiendo identificado como año base el de 1964, se procedió a establecer el comportamiento del indicador referido al número de alumnos matriculados en secundaria. Este nivel educativo es importante debido que la curricular nacional en el que se ofrece el curso: Ciencia, tecnología y ambiente.

Ciencia, Tecnología y Ambiente.- es un área que contribuye al desarrollo integral de la persona, en relación con la naturaleza de la cual forma parte, con la tecnología y con su ambiente, en el marco de una cultura científica. **Diseño Curricular Nacional, 2005.**

El Cuadro 6 muestra a los alumnos matriculados al término del año escolar en la Institución Educativa Francisco Flores Berruezo ubicado en el distrito de Bella Unión, en el cual se aprecia una disminución en el indicador referido al total de alumnos matriculados, tal como se muestra en el Gráfico 6.

Cuadro 6: Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I.E. Flores Berruezo

Año	Grado de Estudios										Sub Total		Total
	1º		2º		3º		4º		5º		H	M	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M			
2004	14	8	15	9	13	14	10	6	18	6	70	43	113
2005	12	18	12	8	15	11	11	14	10	6	60	57	117
2006	16	14	11	16	11	9	12	7	10	12	60	58	118
2007	16	14	07	15	12	11	8	9	10	4	53	53	106
2008	17	6	13	15	13	10	7	16	8	8	58	55	113

Fuente: I.E. Francisco Flores Berruezo. Abril 2009.

H: Hombre; M: Mujer.

El Cuadro 7 muestra a los alumnos matriculados al término del año escolar en la Institución Educativa Tecnológico Privado San Martín de Porres del distrito de Acarí, en el cual se aprecia una disminución en el indicador referido al total de alumnos matriculados, tal como se muestra en el Gráfico 7.

Cuadro 7: Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I.E.T.P. San Martín de Porres

Año	Grado de Estudios										Sub Total		Total
	1º		2º		3º		4º		5º		H	M	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M			
2004	20	25	23	17	22	19	22	19	24	25	111	105	216
2005	27	17	22	25	20	16	23	18	22	19	114	95	209
2006	31	25	27	20	17	26	17	14	19	14	111	99	210
2007	37	17	28	20	23	19	19	24	12	10	119	90	209
2008	22	25	27	17	27	20	23	20	20	20	119	102	221

Fuente: I.E.T.P. San Martín de Porres. Abril 2009.

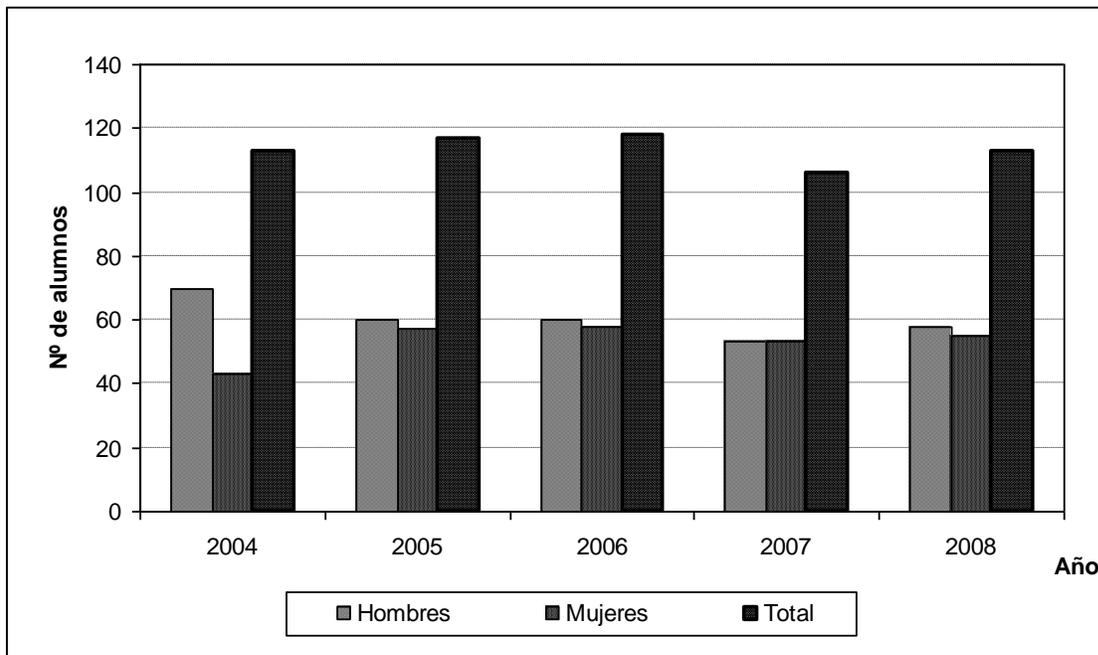
El Cuadro 8 muestra a los alumnos matriculados al término del año escolar en la Instituto Superior Tecnológico "Peruano – Español" del distrito de Bella Unión, en el cual se aprecia un incremento en el indicador referido al total de alumnos matriculados, tal como se muestra en el Gráfico 8.

Cuadro 8: Alumnos Matriculados al término del año en el Instituto Superior Tecnológico Público "Peruano - Español"

Año	1er Año				2do Año				3er Año				Sub Total		Total
	Semestre		Semestre		Semestre		Semestre								
	I	II	I	II	I	II	I	II							
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M					
2004	6	4	6	3	3	3	5	3	9	9	9	8	38	30	68
2005	28	5	20	4	5	3	5	3	5	2	5	3	68	20	88
2006	26	3	23	3	16	2	14	2	3	3	3	3	85	16	101
2007	20	10	20	9	22	3	22	3	13	2	13	2	110	29	139
2008	23	7	22	7	19	5	19	5	19	2	20	2	122	28	150

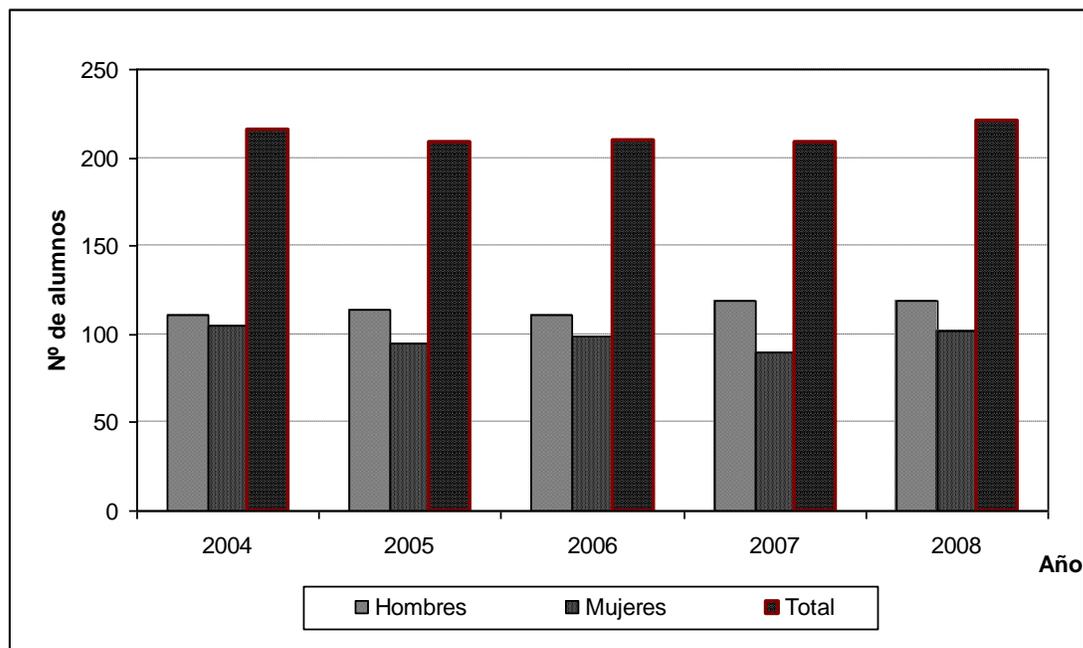
Fuente: Instituto Superior Tecnológico Público "Peruano - Español". Abril 2009.

Gráfico 6: Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I.E. Francisco Flores Berruazo. Distrito de Bella Unión.



Elaboración propia.

Gráfico 7: Alumnos Matriculados al término del año Escolar en el I.E.T.P. San Martín de Porres.



Elaboración propia.

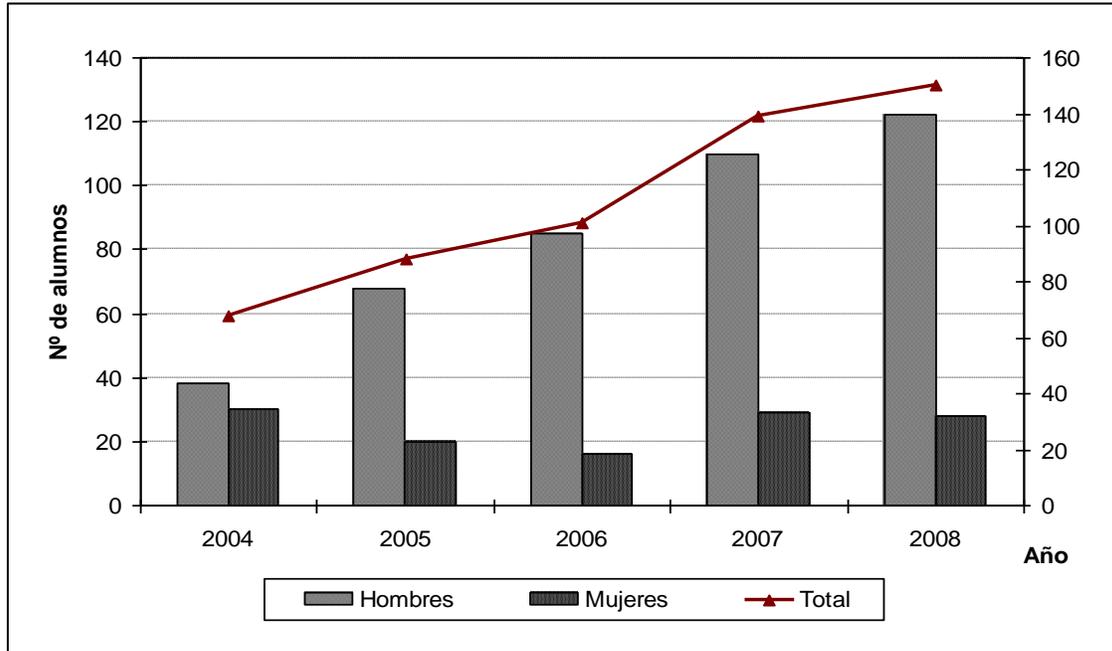
El Cuadro 9 muestra a los alumnos matriculados al término del año escolar en la Institución Educativa Nicolás de Piérola del distrito de Acarí, en el cual se aprecia un incremento en el indicador referido al total de alumnos matriculados a partir del año 2007, tal como se muestra en el Gráfico 9.

Cuadro 9: Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I. E. N. de Piérola

Año	Grado de Estudios										Sub Total		Total
	1º		2º		3º		4º		5º		H	M	
	H	M	H	M	H	M	H	M	H	M			
2004	44	46	25	28	50	28	32	21	28	22	179	145	324
2005	21	33	37	44	24	25	47	28	27	18	156	148	304
2006	33	32	22	30	32	38	25	21	41	26	153	147	300
2007	42	25	30	29	20	27	34	34	21	22	147	137	284
2008	49	41	42	23	32	32	17	24	27	31	167	151	318

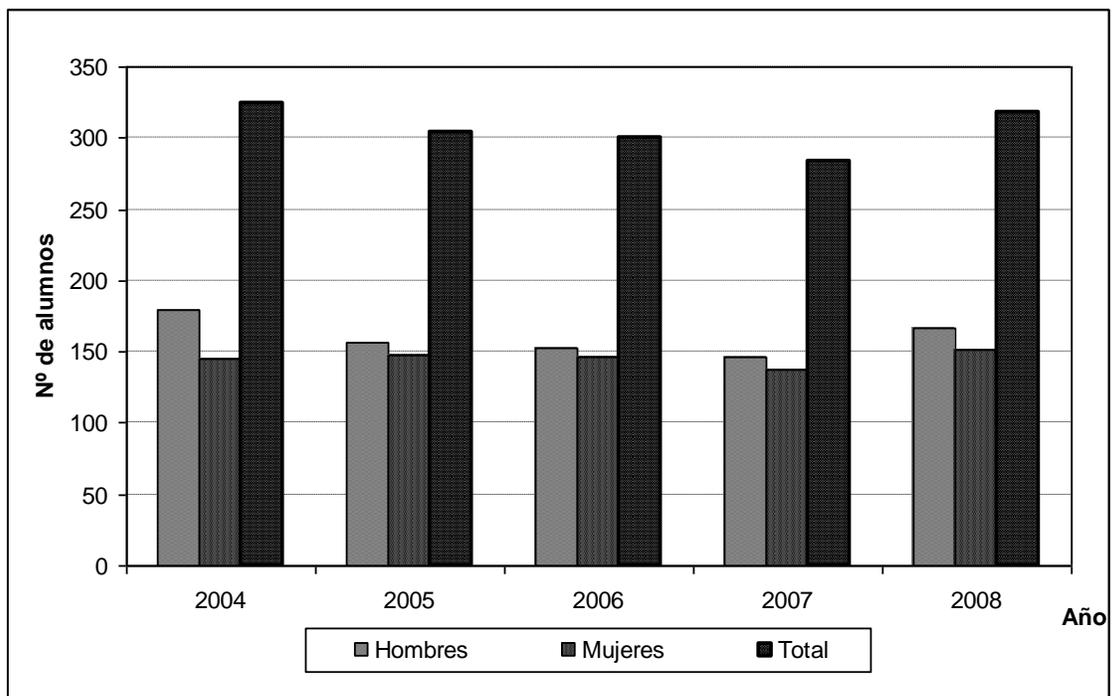
Fuente: I.E. Nicolás de Piérola. Abril 2009.

Gráfico 8: Alumnos Matriculados al término del año en el Instituto Superior Tecnológico Público "Peruano - Español"



Elaboración propia.

Gráfico 9: Alumnos Matriculados al término del año Escolar. I. E. Nicolás de Piérola.



Elaboración propia.

2.4.4 Características Económicas

Los indicadores considerados dentro del sector económico son el costo del agua subterránea por tipo de usuario, el uso eficiente del agua subterránea, y el uso de fuentes alternativas de agua.

A) Costo de bombeo por tipo de usuario

En general, los pozos existentes en el distrito de Acarí y Bella Unión, ya sean artesanales o tubulares, extraen el agua subterránea mediante bombas que cuentan con motores impulsados con diesel, gasolina o electricidad.

En la actualidad la ALA-AYP no efectúa ningún cobro a usuarios agrarios de agua subterránea. Debido a que no se efectúa ningún pago por el uso del recurso hídrico subterráneo, no se ha analizado la tendencia de este indicador en el tiempo.

B) Uso eficiente del agua subterránea

Este indicador es determinado a través de la medición establecida por la metodología, la cual establece una comparación entre lo producido en unidades de peso versus el volumen de agua de origen subterráneo empleado, solo considera mejorar la eficiencia de riego, con lo cual el empleo de “menos” agua siempre resultará positivo en la medida que el cultivo responda favorablemente a dicha disminución.

C) Uso de fuentes alternativas de agua

El uso de fuentes alternativas de agua va a ser entendida como el agua proveniente de una fuente que no sea considerada de origen superficial (del río Acarí), ni subterránea (agua de pozo), es decir de agua reciclada (agua de desagüe) o capturada de aguas de drenaje superficial (exceso de riego).

En tal sentido, si bien es cierto que se ha ejecutado el proyecto “Mejoramiento de las condiciones saneo-ambientales en el distrito de Acarí 3ra etapa – Sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas I etapa” esta fuente alternativa de agua no es utilizada.

3.0 MATERIALES Y METODOS

Generalmente, las metodologías de análisis de sostenibilidad de uso de un recurso, como en el caso del recurso hídrico subterráneo, se nutren de fuentes secundarias de información (censos, encuestas anteriores, estadísticas oficiales, estudios previos y otras) como parte de la información general de su contenido (contexto general y dimensión territorial). En cuanto al contenido más específico o cuando no existe información secundaria, se recurre a fuentes primarias como entrevistas a informantes calificados, encuestas y otros.

El presente estudio ha realizado revisión de literatura de manera general y específica de los diferentes sectores que comprenden el modelo de sostenibilidad planteado, los cuales a través de los indicadores propuestos proporcionaran indicios claros y con sustento científico del estado actual y la tendencia de los criterios de sostenibilidad con que se viene manejando el recurso.

3.1 Materiales y Equipos

3.1.1 Documentación

- Documentos científicos
- Documentos técnicos
- Entrevistas
- Encuestas
- Mapas y planos
- Imágenes satelitales y fotografías aéreas
- Dispositivos legales

3.1.2 Equipos

- Hardware: 01 computadora personal
- Software: MS Office, SPSS v.13

3.2 Metodología

Con respecto a la metodología utilizada con la finalidad de obtener valores correspondientes a cada una de las mediciones sugeridas para cada indicador, se ha utilizado métodos contenidos tanto en documentos técnicos como científicos.

3.2.1 Metodología para el manejo sostenible del agua subterránea.

Esta metodología fue desarrollada por el Dr. Steinman, con la cual se busca que el uso de indicadores con base científica sea una de las herramientas principales que soporten el manejo sostenible del agua subterránea.

El Cuadro 10 muestra los cinco indicadores a ser evaluados respecto al sector del medio ambiente.

Cuadro 10: Indicadores, mediciones, y criterios para el sector medio ambiente

Indicador	Mediciones	Criterio
1. Contribución del agua subterránea a los cursos de agua.	1.1 Cambio en la contribución a través del tiempo.	1.1 Descarga de agua subterránea adecuada para mantener los regímenes naturales de flujo y temperatura.
2. Extracción del Agua Subterránea	2.1 Volúmenes de agua usada por distrito.	2.1 Uso eficiente para mantener un suministro adecuado para los usos públicos y privados.
3. Impactos del Uso de la Tierra	3.1 % Natural de uso de la tierra en agricultura/ cobertura total. 3.2 % de áreas impermeables	3.1 Incremento. 3.2 Disminución por debajo de los niveles establecidos como referencia
4. Extensión e Impactos de la Contaminación del Agua Subterránea	4.1 Número de sitios en riesgo	4.1 Disminución
5. Comunidades naturalmente dependientes del agua subterránea	<i>No desarrollado</i>	<i>No desarrollado</i>

Fuente: Steinman, A. 2007.

Indicador 1: Contribución del agua subterránea a los cursos de agua – Suficiente agua subterránea debería ser descargada a los cursos de agua para mantener los regímenes naturales de flujo y temperatura.

Medición 1-1: Cambio en la contribución del agua subterránea en el tiempo – Midiendo cambios en la contribución del agua subterránea al flujo base en el tiempo es fundamental para la evaluación de la sostenibilidad del agua subterránea.

Indicador 2: Extracción del agua subterránea – El volumen de extracción de agua subterránea no debería interferir con el mantenimiento de un adecuado abastecimiento de agua para satisfacer las necesidades públicas y privadas.

Medición 2-1: Volumen de agua usada por tipo de usuario – Seguimiento de tendencias en el volumen de explotación del agua subterránea provee valiosa información respecto a la eficiencia en el uso del agua subterránea por cada sector.

Indicador 3: Impactos del uso de la tierra – El uso del suelo afecta el flujo de recarga de acuíferos, de ese modo influencia la cantidad de recurso hídrico subterráneo en el acuífero. El impacto del uso del suelo en la cantidad de agua subterránea puede ser caracterizado mediante dos medidas.

Medición 3-1: Porcentaje (%) de cobertura del suelo versus el uso del suelo natural. En el tiempo, esta medida puede ser correlacionada con la contribución al flujo base. Incrementos en los valores medidos podría sugerir sostenibilidad del agua subterránea.

Medición 3-2: Porcentaje (%) de superficie impermeable. Esta medición también puede ser correlacionada en el tiempo con la contribución del agua subterránea al flujo base.

Indicador 4: Extensión e impactos de la contaminación del agua subterránea – La degradación de la calidad del agua subterránea puede desencadenar en la degradación del medio ambiente, decremento en la eficiencia de uso y conflictos del agua. El número de fuentes de agua subterránea contaminadas se debería estabilizar y luego disminuir a medida que más medidas tomadas respecto a las prácticas de sostenibilidad sean implementadas.

Medición 4-1: Numero de sitios en riesgo – El desarrollo de una base de datos para realizar el seguimiento del número de sitios en riesgo de contaminación del agua subterránea

podría permitir la detección de tendencia en el tiempo. Los sitios contaminados podrían ser identificados a partir de una base de datos existente y proveer una línea base de medición.

Indicador 5: Comunidades naturalmente dependientes del agua subterránea – En sistemas de aguas superficiales que son dependientes de la descarga del agua subterránea, las comunidades de fauna y flora pueden ser impactadas por la degradación de la calidad y cantidad del agua subterránea.

La metodología empleada no ha desarrollado ningún criterio de medición.

Indicador 6: Costo del agua subterránea por tipo de usuario – El costo directo del agua superficial y subterránea a partir de fuentes adjudicadas mediante licencia o permisos a los usuarios del valle tienen un impacto importante en el consumo humano, agrícola, e industrial. La disponibilidad de fuentes de agua subterránea puede incidir en el costo de producción y proporcionar un ímpetu para los negocios para que arriben al valle y permanezcan en el lugar.

En cuanto a los indicadores utilizados para el sector económico, son tres, los cuales se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11: Indicadores de sostenibilidad del agua subterránea: mediciones y criterios asociados al sector económico.

Indicador	Mediciones	Criterio
6. Costo del agua subterránea por tipo de usuario.	<i>No desarrollado</i>	<i>No desarrollado</i>
7. Uso eficiente del Agua Subterránea	7.1 Salida de producto por unidad de agua subterránea por sector.	7.1 Incremento.
8. Usos de agua a través de otras fuentes	8.1 Litros de agua reciclada. 8.2 Litros de agua utilizada proveniente de agua de drenaje.	8.1 Incremento. 8.2 Incremento.

Fuente: Steinman, A. 2007.

Indicador 7: Eficiencia en el uso del agua subterránea – Incentivar la conservación del agua incrementando los volúmenes de producción podría promover la sostenibilidad de los recursos de agua subterráneos y permitir el acceso a usos adicionales.

Medición 7-1: Producto - generado por unidad de agua subterránea utilizada por tipo de usuario. Es reconocido que esta medición no permite por si misma comparación entre tipo de usuarios. La comparación crítica se da dentro de cada tipo de usuario en el tiempo para detectar tendencias.

Indicador 8: Uso del agua a través de fuentes alternativas – El uso de agua proveniente de una fuente alternativa, como agua reciclada o capturada de aguas de drenaje superficial, va a mejorar la sostenibilidad de los recursos de agua subterránea de la zona de estudio.

Medición 8-1: Litros de agua reciclada

Medición 8-2: Litros de agua usada desde la colección de agua de drenaje superficial

En cuanto a los indicadores utilizados para el sector social, son tres, los cuales se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12: Indicadores de sostenibilidad del agua subterránea: mediciones y criterios asociados al sector social

Indicador	Mediciones	Criterio
9. Educación pública	9.1 Conocimiento público acerca del recurso "agua subterránea". 9.2 Educación en recursos hídricos. 9.3 Entrenamiento del gobierno local	9.1 Incremento. 9.2 Incremento. 9.3 Incremento
10. Conservación	10.1 Sistemas públicos de agua usando agua subterránea.	10.1 Uso eficiente para mantener un suministro adecuado para las necesidades públicas y privadas.
11. Usos de agua a través de otras fuentes	11.1 Restricciones debido a la contaminación. 11.2 Impacto adversos al recurso (ARI). 11.3 Conflicto por el uso del agua	11.1 Decremento. 11.2 Decremento. 11.3 Decremento.

Fuente: Steinman, A. 2007.

Indicador 9: Educación pública – Este indicador puede ser caracterizado usando tres mediciones. Por cada una de estas mediciones, un incremento en el tiempo sería un indicativo de prácticas que promueven la sostenibilidad del agua subterránea.

Medición 9-1: Conocimiento público acerca del agua subterránea como recurso.

Medición 9-2: Educación en recursos hídricos. Esta medición permite identificar el número y porcentaje de escuelas públicas y privadas que ofrecen el programa de educación en recursos hídricos.

Medición 9-3: Entrenamiento de personal de gobiernos locales. Esta medición busca determinar el número y porcentaje de personal recibiendo entrenamiento respecto de la sostenibilidad del recurso agua subterránea. Esta medición está dirigida a no especialistas, en lugar de personal especializado con poder de decisión.

Indicador 10: Conservación – Este indicador caracteriza la eficiencia del uso del agua subterránea a través del seguimiento de tendencias mediante dos mediciones. La dirección de estas tendencias puede ser usada para demostrar si el uso del agua subterránea mantiene un adecuado abastecimiento de las necesidades públicas y privadas.

Medición 10-1: Sistema público de agua usando agua subterránea. El Incremento de la eficiencia de uso de parte de los usuarios del sistema público de agua subterránea puede permitir una cobertura mayor del sistema, así como usar y sostener el mismo recurso.

Indicador 11: Acceso restringido al recurso hídrico subterráneo – Restricciones en el acceso a los recursos hídricos subterráneos pueden indicar problemas en la protección, uso, o administración del agua subterránea. A medida que el uso del agua subterránea se vuelve más eficiente y sostenible, las restricciones en el acceso deberían disminuir. Este indicador es caracterizado por tres mediciones:

Medición 11-1: Uso de restricciones como resultado de la contaminación – Esta medición cuenta el número de locaciones en las cuales el agua subterránea no está disponible como resultado de la contaminación y su impacto potencial adverso en la salud pública, así como en la agricultura y ganadería.

Medición 11-2: Impactos adversos al recurso (ARI) – Esta medición cuenta el número de veces que se encuentra un impacto adverso al recurso identificado por el ente encargado del medio ambiente o los recursos naturales.

Medición 11-3: Conflictos en el uso del aguas – Esta medición cuenta el número de caso en los cuales la ALA ha sido requerida para resolver un conflicto entre usuarios de agua subterránea.

Cuadro 13: Matriz relacional de indicadores para el acuífero de Acarí

Nº	Indicador	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	M
I1	Contribución del agua subterránea a los cursos de agua		0.0	0.0	1.0	0.7	0.0	0.0	1.0	0.0	0.7	0.0	3.4
I2	Extracción del agua subterránea	1.0		0.0	1.0	0.3	0.7	1.0	0.3	0.0	1.0	0.7	5.0
I3	Impactos del uso del suelo en la recarga del acuífero	0.7	0.7		1.0	0.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	4.8
I4	Extensión e impactos de la contaminación del agua subterránea	0.0	0.3	0.0		1.0	0.7	0.0	0.7	0.0	1.0	1.0	4.7
I5	Comunidades naturalmente dependientes del agua subterránea	0.0	1.0	0.3	1.0		0.3	1.0	0.0	0.7	1.0	1.0	6.3
I6	Costo del agua subterránea por actividad económica	0.0	1.0	0.0	0.0	0.7		1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	5.7
I7	Uso eficiente del agua subterránea	1.0	1.0	0.7	0.3	0.3	1.0		1.0	0.0	1.0	0.3	4.6
I8	Usos de agua a través de otras fuentes	1.0	1.0	0.7	0.7	1.0	0.3	0.0		0.0	1.0	0.0	5.7
I9	Educación pública	1.0	1.0	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	1.0		1.0	0.0	6.0
I10	Conservación	0.7	1.0	0.0	0.3	0.3	1.0	1.0	1.0	1.0		0.7	7.0
I11	Acceso restringido al agua subterránea	1.0	1.0	0.0	1.0	1.0	0.7	0.3	1.0	0.7	1.0		7.7
D		6.4	8.0	2.7	7.3	5.6	6.4	5.3	7.0	1.4	9.4	5.4	

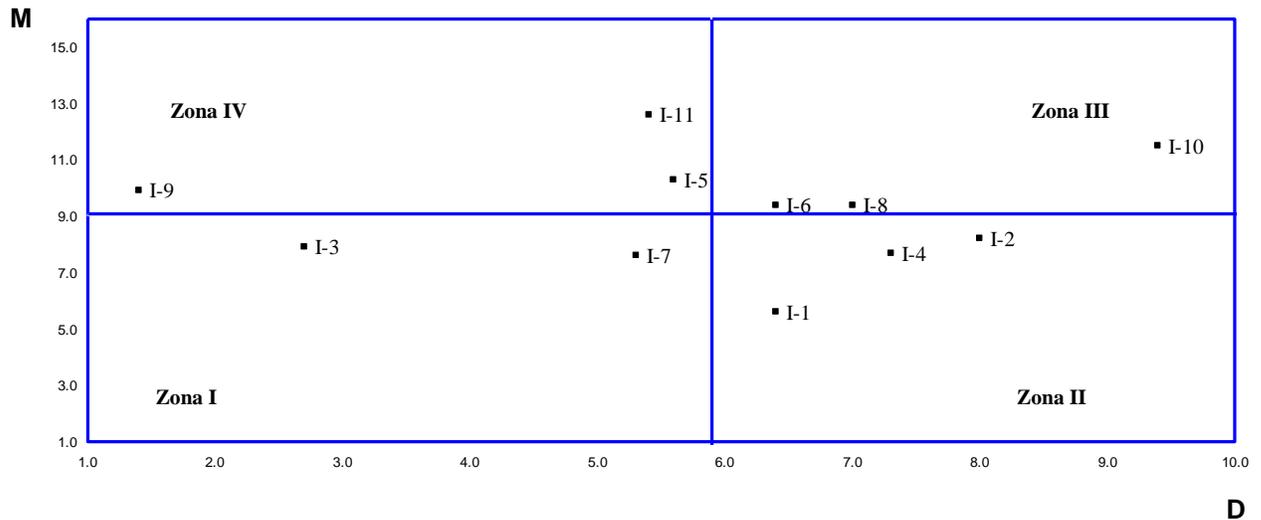
Fuente: Elaboración propia.

Influencia	Valor
F	Fuerte 1.0
M	Mediana 0.7
D	Débil 0.3
N	Nula 0.0

Nº	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	I-7	I-8	I-9	I-10	I-11	Promedio
M (%)	5.6	8.2	7.9	7.7	10.3	9.4	7.6	9.4	9.9	11.5	12.6	9.1
D (%)	9.9	12.3	4.2	11.2	8.6	9.9	8.2	10.8	2.2	14.5	8.3	5.9

M: Motricidad; D: Dependencia

Gráfico 10: Ubicación de problemas en base a sus relaciones dinámicas



Fuente: Elaboración propia.

Como se aprecia en el Gráfico 10 los indicadores empleados en la metodología se agrupan en las siguientes zonas:

Zona I (variable excluida): I-3, I-7

Zona II (variable resultante): I-1, I-2, I-4

Zona III (variable de enlace): I-6, I-8, I-10

Zona IV (variables motrices): I-5, I-9, I-11

De manera complementaria, cada uno de los indicadores requiere de una metodología específica para la realización de las mediciones y obtención de resultados.

3.2.2 Metodología para la determinación del balance de agua superficial

La determinación del balance de agua superficial es de suma importancia ya que, a partir del resultado que se obtenga se podrá estimar la cantidad de agua subterránea necesaria para complementar el déficit que pudiese existir.

3.2.2.1 Oferta Hídrica Superficial*

La Oferta Hídrica superficial - OHS en el valle de Acarí, está constituida por los caudales medios mensuales del río Acarí, período 1960/61-2004/05, determinados para una persistencia del 75%.

La OHS en el valle de Acarí al 75% de persistencia proveniente del río Acarí es de 130.12 MMC. El Cuadro 14, muestra la desagregación mensual del volumen anual.

Cuadro 14: Disponibilidad Hídrica Mensual valle de Acarí (MMC) Período 1960–2005

Descripción	Meses												Total
	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	
Vol. al 75% de persistencia	0.88	0.82	0.72	0.62	1.93	15.54	36.37	48.38	19.47	2.74	1.42	1.23	130,12

Fuente: Apacla, 2006.

La oferta hídrica agrícola neta - OHAN, se obtiene al restar de la oferta hídrica superficial (OHS) la demanda poblacional (DP) comprometida. La OHAN en el valle de Acarí se estima en 129.50 MMC. El Cuadro 15 muestra la distribución mensual.

Cuadro 15: Oferta Hídrica Agrícola Neta - OHAN en el valle de Acarí en MMC

Descripción	Meses												Total
	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	
Vol. al 75% de persistencia	0.876	0.819	0.720	0.622	1.928	15.54	36.37	48.38	19.47	2.736	1.424	1.230	130.12
DP	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015	0.180
OHAN	0.861	0.804	0.705	0.607	1.913	15.52	36.35	48.30	19.45	2.721	1.409	1.216	129.85

Fuente: Apacla, 2006.

* Tomado del Estudio "Propuesta de Asignación de Agua en Bloque – Volúmenes Anuales y Mensuales – para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle de Acarí. Ricardo Apacla Nalvarte, 2006.

3.2.2.2 Demanda Hídrica Agrícola Neta

La demanda hídrica agrícola neta para el valle de Acarí ha sido estimada sobre la base de información obtenida en la Administración Técnica de Riego-AYP y las Junta de Usuarios Acarí y Bella Unión.

El cálculo de la evapotranspiración potencial se muestra en el Cuadro 16.

Cuadro 16: Estimación de la Evapotranspiración Potencial en el valle de Acarí.

Mes	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del Viento (Km/día)	Horas de Sol	Radiación Solar (MJ/m2/d)	ETo (mm/d)
Ene.	28.1	17.7	71.8	443.8	5.9	15.0	4.65
Feb.	29.1	18.1	72.0	427.9	6.1	16.7	5.01
Mar.	28.5	17.5	71.4	462.0	6.0	18.0	5.30
Abr.	26.9	15.4	74.6	490.8	6.3	19.2	5.09
May.	24.3	12.7	74.6	476.6	4.4	16.3	4.42
Jun.	21.9	11.1	75.0	505.0	2.1	12.7	3.77
Jul.	20.5	10.2	72.4	499.0	1.8	12.3	3.68
Ago.	20.9	10.8	72.4	523.0	1.8	12.3	3.76
Set.	21.9	12.0	73.8	558.7	2.3	12.6	3.86
Oct.	23.3	13.1	72.6	545.0	3.5	13.4	4.13
Nov.	24.8	14.8	69.5	491.8	4.4	13.3	4.34
Dic.	26.5	16.2	72.0	446.9	5.4	13.9	4.28
Promedio	24.7	14.1	72.7	489.2	4.2	14.6	4.36

Fuente: Apacla, 2006.

El requerimiento neto (RN) de agua de los cultivos se muestra en el Cuadro 17.

Cuadro 17: Requerimiento de Agua Neto (RN) en el Valle de Acarí (MMC)

Comisión de Regantes	Área (ha)	Meses												Total
		Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	
Malco	66.35	0.070	0.063	0.048	0.033	0.025	0.016	0.016	0.015	0.016	0.030	0.048	0.071	0.45
Acarí Bajo	528.93	0.212	0.291	0.370	0.504	0.508	0.527	0.559	0.381	0.352	0.253	0.103	0.133	4.19
Chaviña	173.08	0.069	0.046	0.081	0.121	0.137	0.168	0.192	0.179	0.133	0.103	0.046	0.043	1.32
Amato-Huarato-Vísija	241.33	0.200	0.185	0.172	0.134	0.124	0.102	0.084	0.028	0.059	0.113	0.163	0.216	1.58
El Molino	315.45	0.124	0.088	0.126	0.153	0.162	0.213	0.277	0.279	0.307	0.242	0.087	0.080	2.14
Chocavento	494.42	0.214	0.158	0.245	0.314	0.333	0.402	0.429	0.353	0.399	0.318	0.138	0.127	3.34
Acarí Pueblo	273.72	0.115	0.068	0.098	0.118	0.125	0.161	0.206	0.175	0.213	0.187	0.102	0.093	1.66
Lateral 01	838.40	0.463	0.529	0.648	0.704	0.640	0.547	0.650	0.738	0.751	0.663	0.123	0.057	6.51
Lateral 02	908.12	0.313	0.325	0.354	0.425	0.462	0.566	0.805	1.028	1.152	1.033	0.400	0.138	7.00
Lateral 03	1265.66	0.105	0.112	0.125	0.139	0.197	0.680	1.343	1.973	1.983	1.438	0.603	0.295	8.99
Total	5,075.45	1.885	1.865	2.267	2.645	2.713	3.382	4.561	5.149	5.365	4.380	1.813	1.253	37.28

Fuente: Apacla, 2006

La eficiencia de riego asumida es de 31%. (Apacla, 2006). El resumen de los requerimientos brutos de agua (RB) de riego se presenta en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Requerimiento de Agua Bruto (RB) en el valle de Acarí (MMC) - 2006

Comisión de Regantes	Área (ha)	Meses												Total
		Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	
Malco	66.35	0.226	0.203	0.155	0.106	0.081	0.052	0.052	0.048	0.052	0.097	0.155	0.229	1.46
Acarí Bajo	528.93	0.684	0.939	1.194	1.626	1.639	1.700	1.803	1.229	1.135	0.816	0.332	0.429	13.53
Chaviña	173.08	0.223	0.148	0.261	0.390	0.442	0.542	0.619	0.577	0.429	0.332	0.148	0.139	4.25
Amato-Huarato-Visija	241.33	0.645	0.597	0.555	0.432	0.400	0.329	0.271	0.090	0.190	0.365	0.526	0.697	5.10
El Molino	315.45	0.400	0.284	0.406	0.494	0.523	0.687	0.894	0.900	0.990	0.781	0.281	0.258	6.90
Chocavento	494.42	0.690	0.510	0.790	1.013	1.074	1.297	1.384	1.139	1.287	1.026	0.445	0.410	11.07
Acarí Pueblo	273.72	0.371	0.219	0.316	0.381	0.403	0.519	0.665	0.565	0.687	0.603	0.329	0.300	5.34
Lateral 01	838.40	1.494	1.706	2.090	2.271	2.065	1.765	2.097	2.381	2.423	2.139	0.397	0.184	21.01
Lateral 02	908.12	1.010	1.048	1.142	1.371	1.490	1.826	2.597	3.316	3.716	3.332	1.290	0.445	22.58
Lateral 03	1265.66	0.339	0.361	0.403	0.448	0.635	2.194	4.332	6.365	6.397	4.639	1.945	0.952	29.01
Total	5,075.45	6.081	6.016	7.313	8.532	8.752	10.91	14.71	16.61	17.31	14.13	5.848	4.042	120.25

Fuente: Apacla, 2006

El requerimiento de agua bruto (RB) de agua superficial, equivalente a la demanda hídrica agrícola neta – DHAN es de 120,25 MMC.

3.2.2.3 Balance oferta – demanda

En el balance de la OHAN y la DHAN determina los meses en que se presenta déficit o superávit. El Cuadro 19 muestra los porcentajes y los volúmenes de agua en MMC de déficit (50.47 MMC) y superávit (60.08 MMC).

Cuadro 19: Balance entre la OHN y la DHAN en el valle de Acarí en MMC - 2006

Descripción	Meses												Total	
	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.		
OHAN	0.86	0.80	0.71	0.61	1.91	15.52	36.35	48.30	19.45	2.72	1.41	1.22	129.86	
DHAN	6.08	6.02	7.31	8.53	8.75	10.91	14.71	16.61	17.31	14.13	5.85	4.04	120.25	
Balance Oferta vs. Demanda														
Déficit	Vol.	-5.22	-5.21	-6.61	-7.93	-6.84	0.00	0.00	0.00	0.00	-11.41	-4.44	-2.83	-50.47
	%	85.84	86.63	90.35	92.88	78.14	0.000	0.00	0.00	0.00	80.74	75.90	69.92	
Superávit	Vol.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.611	21.64	31.69	2.14	0.00	0.00	0.00	60.08
	%	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.27	147.1	190.8	12.38	0.00	0.00	0.00	

Fuente: Apacla, 2006.

Estos valores están indicando que el agua alcanza en el valle de Acarí sólo en los meses de enero a abril, el resto de los meses la demanda de agua supera la oferta, aunque a nivel anual, la oferta supera la demanda.

3.2.3 Metodología para la determinación del balance de agua subterránea

3.2.3.1 Balance hídrico del acuífero

A. Alimentación del acuífero

La recarga total del acuífero, calculada para un año medio, considerando que la principal fuente de recarga del acuífero de Acarí es el río, es de 15.6 MMC por año (12% de volumen anual total al 75% de persistencia).

B. Gasto del acuífero

El gasto del acuífero esta dado por la extracción mediante pozos de bombeo y por las salidas hacia cursos de agua y canales de drenaje.

Con respecto a la explotación del recurso hídrico subterráneo se cuenta con registros de mediciones efectuados en 1980, 1998, 2003, y 2007. El Cuadro 20 muestra los datos en mención.

Cuadro 20: Volúmenes de explotación en el valle de Acarí. Periodo 1980-2007

Distrito	Volumen de Explotación (m ³)			
	1980	1998	2003	2007
Acarí	376,296.00	774,639.50	37,919.70	741,927.00
Bella Unión	54,265.00	3'964,768.30	2'366,666.30	3,624,735.00
Total	430,561.00	4'739,407.80	2'404,586.70	4'366,662.00

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Water Management Consultants (2007), determinó que el flujo del agua subterránea en dirección al mar, es del orden de 0.33 m³/seg, lo que equivale a 10.4 MMC al año.

El resultado del balance nos indica que 15.6 MMC ingresan al acuífero, mientras que 14.8 MMC salen del acuífero mediante la utilización de pozos de bombeo y a través del límite

final del acuífero, de manera natural hacia el mar, con lo cual habría un saldo positivo de 0.8 MMC anuales.

C. Ratio del recurso hídrico subterráneo (ξ)

Empleando la Ec. (6) $\xi = I_{tw}/(I_{cw} + I_{tw} + P_n)$, y sabiendo que:

P_n (precipitación neta) = 1.9 mm.

I_{cw} (agua proveída por los canales de riego) se muestra en el Cuadro 10.

El Ratio del recurso hídrico subterráneo se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 21: Insumos para el cálculo del (ξ) en el valle de Acarí

Junta de Usuarios	I_{tw} (2007-2008)	I_{cw} (2007-2008)	P_n	Total
Acarí	741,927	46'195,000	39,868.84	46,976,796
BB.UU.	3'620,891	36'796,430	73,623.10	40,490,944
Total	4,362,818	82,991,430	113,491.94	87,467,740

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Cuadro 22: Ratio del Recurso Hídrico Subterráneo (ξ) en el valle de Acarí

Junta de Usuarios	Ratio del RR.HH. Subterráneos	%
Acarí	0.01579	1.58
BB.UU.	0.08940	8.94
Total	0.04987	4.99

Fuente: Elaboración propia

3.2.3.2 Oferta de agua subterránea

El estudio "Inventario y Evaluación de las Fuentes de Agua Subterránea en el Valle de Acarí", realizado por la DGASI en 1981 determinó que el acuífero de Acarí tiene reservas explotables hasta por un volumen que ascienden a 5.43 MMC. Esta magnitud va a ser utilizada como el límite máximo de explotación del acuífero y va a ser definida como la Oferta Hídrica Subterránea (OHSb).

Oferta hídrica subterránea disponible - OHSbD

Valor referente que se obtiene al restar de la oferta hídrica subterránea total (OHSbT) la demanda poblacional (DP) comprometida. El volumen estimado en cuanto a la OHNSb asciende a 4.60 MMC.

3.2.3.3 Demanda de agua subterránea

La demanda de agua subterránea se presenta durante todo el año ya que este recurso es utilizado para satisfacer las necesidades de la población en cuanto al uso doméstico, la industria, y la agricultura.

La demanda poblacional, por tratarse de una zona rural se ha estimado en 100 l/hab/día. El requerimiento de agua de uso industrial es despreciable. (Apacla, 2006).

Según el INEI² la población del distrito de Acarí en el 2007 asciende a 4,019 habitantes; y la del distrito de Bella Unión a 4,296 habitantes. El total de habitantes en la zona de estudio es de 8,315 habitantes; La demanda de agua para uso poblacional estimada es de 0.30 MMC al año.

Adicionalmente se considera un volumen anual de 0.03 MMC para otros usos y un volumen de 0.5 MMC como reserva considerando el crecimiento poblacional.

La demanda de agua subterránea para riego ha sido determinada en base a la proporción entre áreas regadas haciendo uso de la infraestructura de riego superficial y las regadas mediante el empleo de pozos para la extracción del agua subterránea, multiplicado por el requerimiento de agua bruto (RB).

² INEI Estimaciones y Proyecciones de Población, 1950-2050, Boletín de Análisis Demográfico N°35

Cuadro 23: Demanda bruta de agua subterránea - Valle de Acarí en MMC/año

	Comisión de Regantes	Nº de Predios	Nº de Pozos	Nº de Usuarios	Área Bajo Riego (Ha)		Demanda de agua subterránea MMC/año
					Usando agua subterránea	Usando agua superficial	
Distrito	HUARATO - AMATO - VISIJA	3	2	3	11.85	241.54	0.25
	El molino	10	10	10	50.02	320.43	1.09
	Chocavento	36	34	34	169.66	499.42	3.80
	Acarí pueblo	4	4	4	19.35	243.66	0.43
	Acarí bajo	11	11	11	101.54	531.34	2.60
	Chaviña	0	0	0	0.00	173.08	0.00
	SUB TOTAL	64	61	61	352.42	2075.81	8.16
BELLA UNIÓN	Lateral 01	29	26	26	507.65	843.91	12.72
	Lateral 02	29	26	26	372.44	912.08	9.26
	Lateral 03	73	68	70	768.71	1373.95	17.62
SUB TOTAL	131	120	120	1648.80	3129.93	39.60	
TOTAL	195	181	181	2001.22	5205.75	47.77	

Fuente: Portocarrero, 2006.

El Cuadro 23 muestra la demanda bruta de agua subterránea en MMC por año en el valle de Acarí, la cual asciende a 47.77 MMC al año. Este volumen anual significa una demanda hídrica unitaria de 23,870 m³/Ha.

El Cuadro 24 muestra la distribución mensual del requerimiento bruto de agua subterránea en el valle de Acarí en MMC.

Cuadro 24: Distribución mensual del requerimiento bruto de agua subterránea en MMC

Junta de Usuarios	Comisión de Regantes	Área (Ha)	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Total
	HUARATO - AMATO - VISIJA	11.85	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.25
	El molino	50.02	0.06	0.05	0.06	0.08	0.08	0.11	0.14	0.14	0.16	0.12	0.04	0.04	1.09
	Chocavento	169.66	0.24	0.18	0.27	0.35	0.37	0.45	0.47	0.39	0.44	0.35	0.15	0.14	3.80
	Acarí pueblo	19.35	0.03	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.03	0.02	0.43
	Acarí bajo	101.54	0.13	0.18	0.23	0.31	0.31	0.33	0.35	0.24	0.22	0.16	0.06	0.08	2.60
	Chaviña	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Sub total	352.42	0.49	0.45	0.62	0.79	0.82	0.94	1.03	0.82	0.88	0.70	0.31	0.32	8.16
Bella Unión	Lateral 01	507.65	0.90	1.03	1.27	1.38	1.25	1.07	1.27	1.44	1.47	1.30	0.24	0.11	12.72
	Lateral 02	372.44	0.41	0.43	0.47	0.56	0.61	0.75	1.07	1.36	1.52	1.37	0.53	0.18	9.26
	Lateral 03	768.71	0.21	0.22	0.24	0.27	0.39	1.33	2.63	3.87	3.89	2.82	1.18	0.58	17.62
Sub total	1648.80	1.52	1.68	1.98	2.21	2.25	3.15	4.97	6.67	6.88	5.48	1.95	0.87	39.60	
Total	2001.22	2.02	2.13	2.60	3.00	3.06	4.09	5.99	7.49	7.76	6.18	2.26	1.19	47.77	

Fuente: Portocarrero, 2006.

4.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Indicadores tomados en cuenta en el manejo sostenible de los recursos hídricos subterráneos del valle de Acarí

Si bien dentro de los tres sectores que se han analizado, la metodología propone once (11) indicadores, en la práctica los trabajos que el Ministerio de Agricultura a través de la ALA-AYP, no permiten la utilización del total de los mismos.

4.2 Resultados respecto a cada sector en estudio

A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores correspondientes a cada sector de análisis.

Sector: Medio Ambiente

Indicador 1: Contribución del agua subterránea a los cursos de agua

Medición 1-1: Cambio en la contribución del agua subterránea en el tiempo

Medición no es efectuada por parte de la Autoridad Local de Aguas, no es posible determinar si existe un cambio en la contribución del agua subterránea a los cursos de agua en el tiempo.

Indicador 2: Extracción del agua subterránea

Medición 2-1: Volumen de agua subterránea utilizada por tipo de usuario

Datos comparativos de los Pozos según: Tipo, uso, y estado actual

El Cuadro 25 muestra el tipo de pozo por distrito. El período de análisis es de 26 años, dentro de los cuales se han tomado cuatro mediciones.

Cuadro 25: Cuadro comparativo de tipo de pozo en el valle de Acarí

Año	Junta de Usuarios						Total			
	Acarí			Bella Unión			Tajo Abierto	Tubular	Mixto	Total
	Tajo Abierto	Tubular	Mixto	Tajo Abierto	Tubular	Mixto				
1981	80	6	0	61	0	0	141	6	0	147
1998	155	9	1	174	33	0	329	42	1	372
2003	165	13	0	189	38	4	354	51	4	409
2007	165	13	0	192	38	4	357	51	4	412

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

El Cuadro 26 muestra la comparación por distrito según el tipo de uso del pozo entre el período 1981 – 2007. Como se puede apreciar en el año 1981 el mayor porcentaje estaba destinado al uso doméstico debido básicamente a la existencia de menos pozos destinados al uso agrícola. A partir de los años 90 se incrementa notoriamente el número de pozos destinados a la agricultura.

Cuadro 26: Número de pozos según su tipo de uso por distrito en el valle de Acarí

Distrito	1981									
	D	%	A	%	P	%	I	%	Total	%
Acarí	16	29.09	5	9.09	8	14.5	0	0	29	52.73
Bella Unión	16	29.09	5	9.09	5	9.09	0	0	26	47.27
Total	32	58.18	10	18.18	13	23.6	0	0	55	100
Distrito	1998									
	D	%	A	%	P	%	I	%	Total	%
Acarí	26	18.05	34	23.61	1	0.70	2	1.39	63	43.75
Bella Unión	13	9.03	66	45.83	2	1.39	0	0	81	56.25
Total	39	27.08	100	69.44	3	2.09	2	1.39	144	100.00
Distrito	2003									
	D	%	A	%	P	%	I	%	Total	%
Acarí	6	5.88	2	1.96	1	0.98	2	2.00	11	10.78
Bella Unión	5	4.90	67	65.69	19	18.6	0	0.00	91	89.22
Total	11	10.78	69	67.65	20	19.6	2	2.00	102	100
Distrito	2007*									
	D	%	A	%	P	%	I	%	Total	%
Acarí	26	18.05	34	23.61	1	0.70	2	1.39	63	43.75
Bella Unión	13	9.03	66	45.83	2	1.39	0	0	81	56.25
Total	39	27.08	100	69.44	3	2.09	2	1.39	144	100.00

Fuente: ATDR-AYP, 2007. D: Doméstico; P: Pecuario; A: Agrícola; I: Industrial

(*) El número de pozos según su uso para el año 2007 son los mismos a los del año 1998.

El Cuadro 27 muestra la capacidad instalada para la extracción del agua subterránea, la cual comprende el número de pozos utilizados y utilizables. El Cuadro 28, mediante el empleo del índice de variación, muestra el incremento de la capacidad instalada respecto al año base 1981.

Cuadro 27: Cuadro comparativo del estado actual de pozos en el valle Acarí

Año	Junta de Usuarios								Total			
	Acarí				Bella Unión				Utilizado	Utilizable	No Utilizable	Total
	Utilizado	Utilizable	No Utilizable	Total	Utilizado	Utilizable	No Utilizable	Total				
1981	29	47	10	86	26	24	11	61	55	71	21	147
1998	63	67	35	165	81	69	57	207	144	136	92	372
2003	11	122	45	178	91	101	39	226	102	223	84	409
2007	11	122	45	178	91	104	39	234	102	226	84	412

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

El porcentaje (%) de variación entre el período 1981-2007 es, para el distrito de Acarí de 75%, para el distrito de Bella Unión de 290%; mientras que para el total general es de 160%.

Cuadro 28: Índice de variación del estado actual de pozos en el valle Acarí

Año	Junta de Usuarios						Total		
	Acarí			Bella Unión			Nº Pozos	Índice	%Var
	Nº Pozos	Índice	%Var	Nº Pozos	Índice	%Var			
1981	76	1.00		50	1.00		126	1.00	
1998	130	1.71	71	150	3.00	200	280	2.22	122
2003	133	1.75	75	192	3.84	284	325	2.58	158
2007	133	1.75	75	195	3.90	290	328	2.60	160

Fuente: Elaboración propia.

La Tasa de Crecimiento Promedio (*tcp*) para el período 1981-2007 es, para el distrito de Acarí de 15%, para el distrito de Bella Unión de 40.5%; mientras que para el total general es de 27%. Ver Cuadro 29.

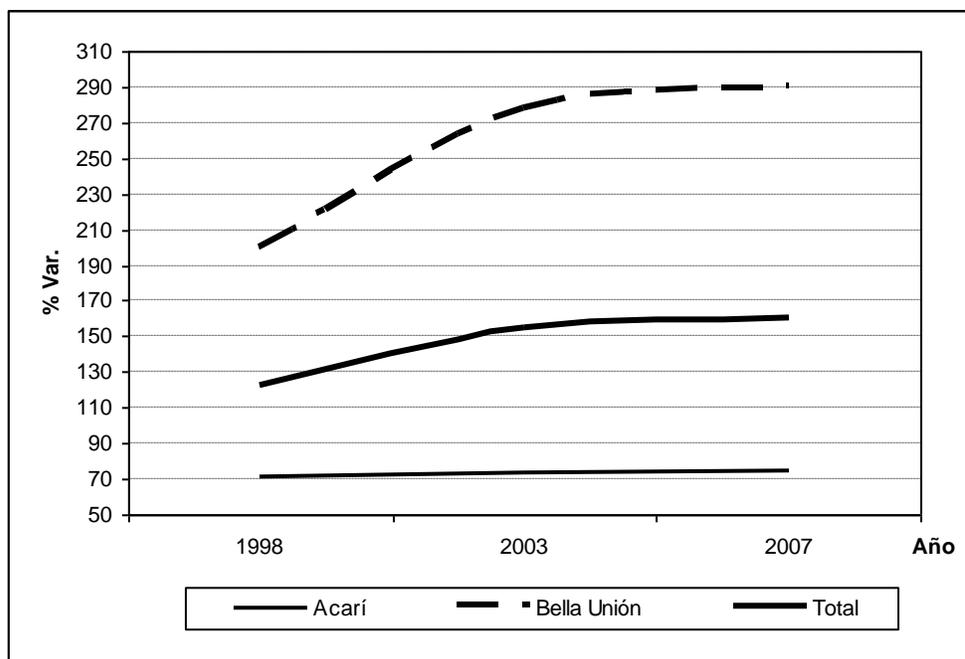
Cuadro 29: Tasa de crecimiento promedio del estado actual de pozos en el valle Acarí

Año	Junta de Usuarios						Total		
	Acarí			Bella Unión					
	Nº Pozos	Índice	<i>tcp</i>	Nº Pozos	Índice	<i>tcp</i>	Nº Pozos	Índice	<i>tcp</i>
1981	76	1.00		50	1.00		126	1.00	
1998	130	1.71	14.4	150	3.00	31.6	280	2.22	22.1
2003	133	1.75	15.0	192	3.84	40.0	325	2.58	26.7
2007	133	1.75	15.0	195	3.90	40.5	328	2.60	27.0

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar en el Gráfico 11 la tendencia en cuanto al incremento en el número de pozos respecto al momento de medición anterior en el valle de Acarí se está estabilizando y se espera que el incremento de pozos dentro del área de estudio no sea significativo, con lo cual el volumen de explotación anual se debería de mantener en los rangos actuales.

Gráfico 11: Porcentaje (%) de variación respecto al número de pozos con capacidad de extracción en el valle de Acarí



Fuente: Elaboración propia.

Características Técnicas de los Pozos

a. Profundidad de los Pozos

La profundidad de los pozos en el valle de Acarí es variable, dependiendo básicamente del tipo, uso y ubicación de cada uno de los pozos.

El distrito de Bella Unión muestra profundidades en los pozos tubulares que varían de 28.66 m a 71.60 m, mientras que en los pozos a tajo abiertos de 2.50 m a 31.20 m. En el distrito de Acarí, las profundidades varían en los pozos tubulares varía de 19.00 m a 38.70 m y en los pozos a tajo abiertos de 2.50 m a 12.70 m.

b. Rendimiento de los Pozos

El mayor rendimiento de los pozos está en función del tipo de pozo, es decir si éste es del tipo tubular o a tajo abierto. Los pozos que presentan menores rendimientos en todo el valle son los pozos a tajo abierto. El Cuadro 30, en el cual se muestra la variación de los rendimientos por tipo de pozo y por distrito político.

Cuadro 30: Rendimiento según el tipo de pozo por distrito

Distrito		Tajo Abierto		Tubular	
		Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Acarí	Ubicación	El Molino	Acarí	Santa. Teresita	Acarí Antiguo
	IRHS	002	152	114	097
	Caudal (l/s)	12.00	1.00	30.00	18.00
Bella Unión	Ubicación	Lateral 3	Lateral 2	Lateral 2	Lateral 2
	IRHS	081	010	177	083
	Caudal (l/s)	10.00	3.00	33.00	18.00

Fuente: ATDR-AYP, 1998.

c. Tipo de Motores

Existen tres (3) tipos de motores que predominan en el valle de Acarí: diesel, gasolinero y eléctrico. El Cuadro 31 muestra un comparativo entre los años 1980, 1998 y el 2007.

Cuadro 31: Característica de los motores de los equipos de bombeo - Valle de Acarí

Distrito	Año 1980						Total	%
	Diesel	%	Gasolina	%	Eléctrico	%		
Acarí	3	23.08	3	23.08	3	23.08	9	69.24
Bella Unión	3	23.08	1	7.68	0	0	4	30.76
Total	6	46.16	4	30.76	3	23.08	13	100
Distrito	Año 1998						Total	%
	Diesel	%	Gasolina	%	Eléctrico	%		
Acarí	11	11	25	25	6	6	42	42
Bella Unión	30	30	27	27	1	1	58	58
Total	41	41	52	52	7	7	100	100
Distrito	Año 2003						Total	%
	Diesel	%	Gasolina	%	Eléctrico	%		
Acarí	1	1.4	1	1.4	5	6.8	7	9.5
Bella Unión	42	55.4	24	32.4	2	2.7	68	90.5
Total	43	56.8	25	33.8	7	9.5	75	100

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

d. Tipo de Bomba

Existen tres (3) tipos de bombas que predominan en el valle de Acarí: Turbina vertical, sumergible y centrífuga de succión. El Cuadro 32 muestra un comparativo entre los años 1980, 1998 y el 2007.

Cuadro 32: Características de las bombas de los equipos de bombeo - Valle de Acarí

Distrito	Año 1980						Total	%
	Turbina Vertical	%	Sumergible	%	Centrífuga Succión	%		
Acarí	1	7.7	2	15.4	5	38.5	8	61.5
Bella Unión	0	0.0	0	0.0	5	38.5	5	38.5
Total	1	7.7	2	15.4	10	76.9	13	100.0
Distrito	Año 1998						Total	%
	Turbina Vertical	%	Sumergible	%	Centrífuga Succión	%		
Acarí	4	3.9	1	0.96	36	34.6	41	39.4
Bella Unión	14	13.5	1	0.96	48	46.2	63	60.6
Total	18	17.3	2	1.92	84	80.8	104	100.0
Distrito	Año 2003						Total	%
	Turbina Vertical	%	Sumergible	%	Centrífuga Succión	%		
Acarí	0	0.0	1	1.3	6	8.0	7	9.3
Bella Unión	29	38.7	3	4.0	36	48.0	68	90.7
Total	29	38.7	4	5.3	42	56.0	75	100.0

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Resultado y discusión de la medición 2-1

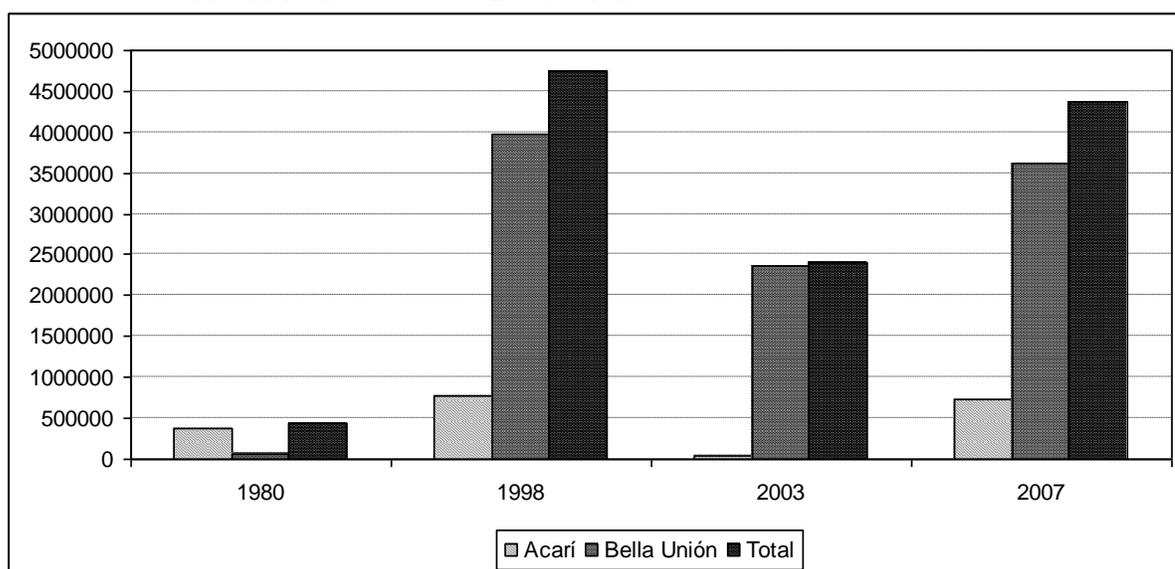
Los volúmenes de explotación anual de las aguas subterráneas, se analizó y se comparó la información de 1981 versus registros del año 1998, 2003, y 2007. El volumen de explotación total del acuífero de Acarí se muestra en el Cuadro 33 y el Gráfico 12.

Cuadro 33: Volúmenes de explotación de agua subterránea por distrito en el valle de Acarí. Período 1980 - 2007 en m³

Distrito \ Año	1980	1998	2003	2007
Acarí	376,296.00	774,639.50	37,919.70	741,927.00
Bella Unión	54,265.00	3'964,768.30	2442360.00	3'624,735.00
Total	430,561.00	4'739,407.80	2,480,279.70	4'366,662.00

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Gráfico 12: Volúmenes de explotación de Agua Subterránea por distrito en el Valle de Acarí. Período 1980 - 2007 en m³



Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Como se ha mencionado en el análisis efectuado en el Cuadro 35, respecto al incremento de la capacidad instalada de pozos de explotación en el valle de Acarí, se aprecia el resultado en el Cuadro 41, el cual refleja la tendencia a permanecer por debajo de las reservas explotables de 5.43 MMC.

El volumen de variación, así como la tasa de variación se muestra en el Cuadro 34.

Cuadro 34: Tasa de variación absoluta y relativa de extracción de agua subterránea en el valle de Acarí

Distrito	Volumen de Variación		Tasa de Variación	
	1980-1998	1998-2007	1980-1998	1998-2007
Acarí	398,343.5	-32712.5	106%	-4%
Bella Unión	3'910,503.3	-340033.3	7206%	-9%
Total	4'308,846.8	-372745.8	1001%	-8%

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

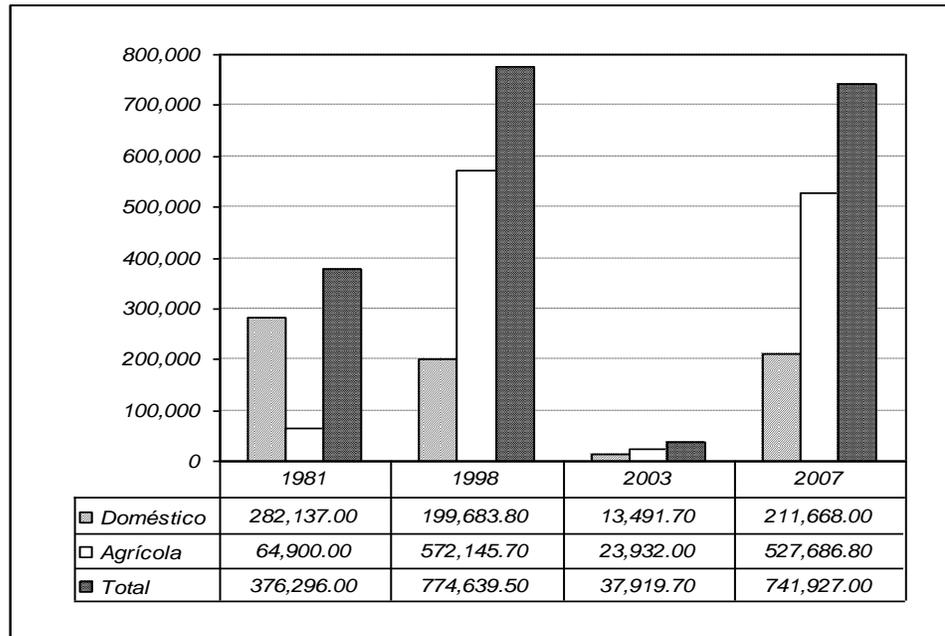
Los valores del volumen de agua utilizada por sector económico, provenientes del acuífero se presentan en el Cuadro 35 y se muestran en el Gráficos 13 y 14.

Cuadro 35: Volúmenes de explotación por tipo de usuario en el valle de Acarí

Distrito	1981				
	Doméstico	Agrícola	Pecuario	Industrial	Total
Acarí	282,137.00	64,900.00	29,259.00	0.00	376,296.00
Bella Unión	7,982.00	43,425.00	2,858.00	0.00	54,265.00
Total	290,119	108,325	32,117.00	0.00	430,561.00
Distrito	1998				
	Doméstico	Agrícola	Pecuario	Industrial	Total
Acarí	199,683.80	572,145.70	153.00	2,657.00	774,639.50
Bella Unión	3,718.00	3'960,924.30	126.00	0.00	3'964,768.30
Total	203,401.80	4'533,070.00	279.00	2,657.00	4'739,407.80
Distrito	2003				
	Doméstico	Agrícola	Pecuario	Industrial	Total
Acarí	13,491.70	23,932.00	262.00	234.00	37,919.70
Bella Unión	75,693.70	2'287,597.30	3,375.30	0.00	2'366,666.30
Total	89,185.40	2'311,529.30	3,637.30	234.00	2'404,586.00
Distrito	2007				
	Doméstico	Agrícola	Pecuario	Industrial	Total
Acarí	211,668.00	527,686.80	153.00	2,419.20	741,927
Bella Unión	3,718.00	3'620,891	126.00	0	3'634,735.00
Total	215,386.00	4'148,577.80	279.00	2,419.20	4'366,662.00

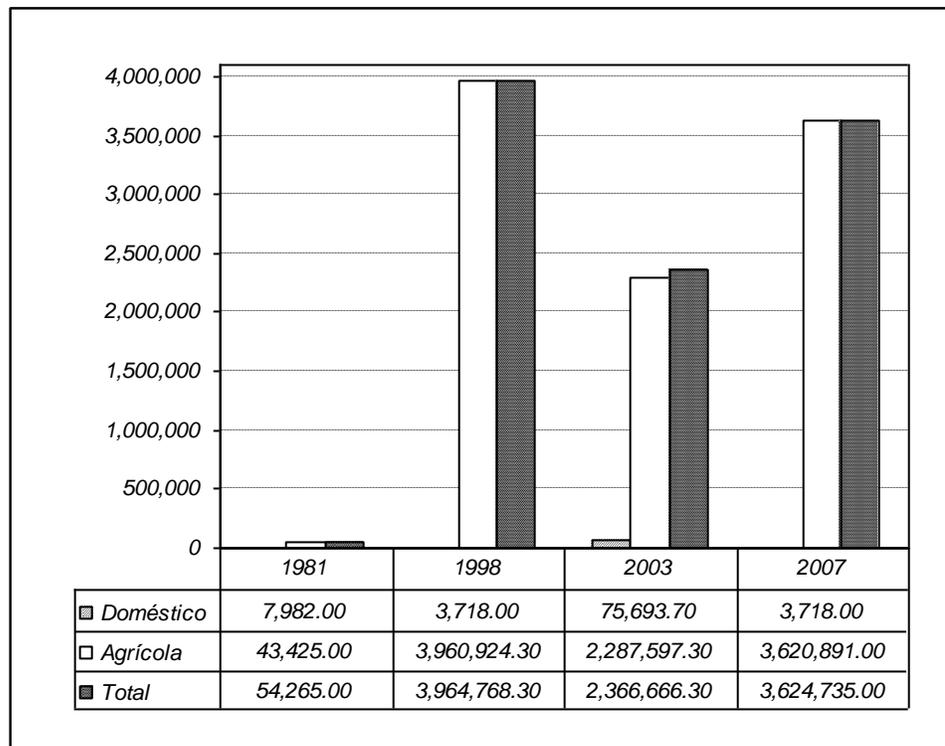
Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Gráfico 13: Volumen de Agua Subterránea consumida por tipo de usuario en el valle de Acarí. Distrito de Acarí en m³



Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Gráfico 14: Volumen de Agua Subterránea consumida por tipo de usuario en el valle de Acarí. Distrito de Bella Unión en m³



Fuente: ATDR-AYP, 2007.

La tasa de variación absoluta y relativa de extracción de agua subterránea según tipo de usuario se muestra en el Cuadro 36.

Cuadro 36: Tasa de variación absoluta y relativa de extracción de agua subterránea según tipo de usuario en el valle de Acarí

Sector Económico	Tasa de Variación		Tasa de Variación	
	1980-1998	1998-2007	1980-1998	1998-2007
Doméstico	-82,453.20	11,984.20	-29%	6%
Agrícola	507,245.70	-44,458.90	782%	-8%
Pecuario	-29,106.00	0.00	-99%	0%
Industrial	2,657.00	-237.80	----	-9%

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Indicador 3: Impactos del Uso de la Tierra

En cuanto al impacto del uso de la tierra en la recarga del acuífero de Acarí, es importante mencionar la creación de la irrigación Bella Unión en 1944, la cual incrementó de manera considerable el volumen de recarga al incrementar el área bajo riego en el valle de Acarí. En la actualidad el área bajo riego de la irrigación Bella Unión es de 3,624.34 Ha, de un total de 3,889.60 Ha. PCR¹, 2008-2009.

Medición 3-1: Porcentaje (%) de cobertura del suelo vs. uso del suelo natural.

Con respecto al uso actual de la tierra en el distrito de Acarí este se mantiene sin sufrir cambios de uso, ya que es un distrito dedicado básicamente a la agricultura con una extensión total aproximada de 2,528.34 Ha, la cual, básicamente varía en el porcentaje de área sembrada.

Con respecto al distrito de Bella Unión se ha visto un cambio de uso al pasar de ser suelos de naturaleza eriaza a ser suelos cultivados. La extensión aproximada de las áreas destinadas a la agricultura ascienden a 4,000 Ha, de los cuales se encuentra habilitados para uso poblacional alrededor de 54 Ha.

¹ Plan de Cultivo y Riego. Sector de Riego Acarí – Yauca. Campaña 2008 – 2009.

El área destinada a la agricultura es el 98% de la extensión total. El Cuadro 37 muestra el porcentaje utilizado del área destinada para la agricultura para la campaña del año 2006.

Cuadro 37: Área bajo riego versus área total por comisión de regantes. Campaña agrícola 2006.

Junta de Usuarios	Comisión de Regantes	Extensión		Porcentaje utilizado (%)
		Total (Ha)	Bajo Riego	
Acarí	Malco	68.33	66.35	97.1%
	Huarato-Amato-Vísija	271.91	241.33	88.8%
	El Molino	347.64	315.45	90.7%
	Chocavento	540.76	494.42	91.4%
	Acarí Pueblo	249.86	243.72	97.5%
	Acarí Bajo	842.66	528.92	62.8%
	Chaviña	207.18	173.08	83.5%
	Sub Total	2528.34	2063.27	81.6%
Bella Unión	Lateral I	1627.11	838.40	51.5%
	Lateral II	937.00	908.12	96.9%
	Lateral III	1049.54	1265.66	89.8%
	SubTotal	3613.65	3012.18	75.8%
Total		6141.99	5075.45	78.1%

Fuente: Apacla, 2006.

El Cuadro 38 y el Gráfico 15 muestran la variación del área sembrada por campaña agrícola, para un período de análisis del 2004 al 2009.

Cuadro 38: Número de hectáreas sembradas por campaña agrícola. Valle de Acarí

Distrito	Área Total	Campaña Agrícola							
		2004/05		2005/06		2006/07		2007/08	
		Área sembrada (Ha)	%						
Acarí	2528.34	1445	57.2%	1500	59.3%	1722	68.1%	1510	59.7%
Bella Unión	3613.65	2256	62.4%	2809	77.7%	2479	68.6%	2770	76.7%
Total	6141.99	3701	60.3%	4309	70.2%	4201	68.4%	4280	69.7%

Fuente: Plan de Cultivo y Riego. Sector de Riego Acarí – Yauca. Campaña 2008 – 2009

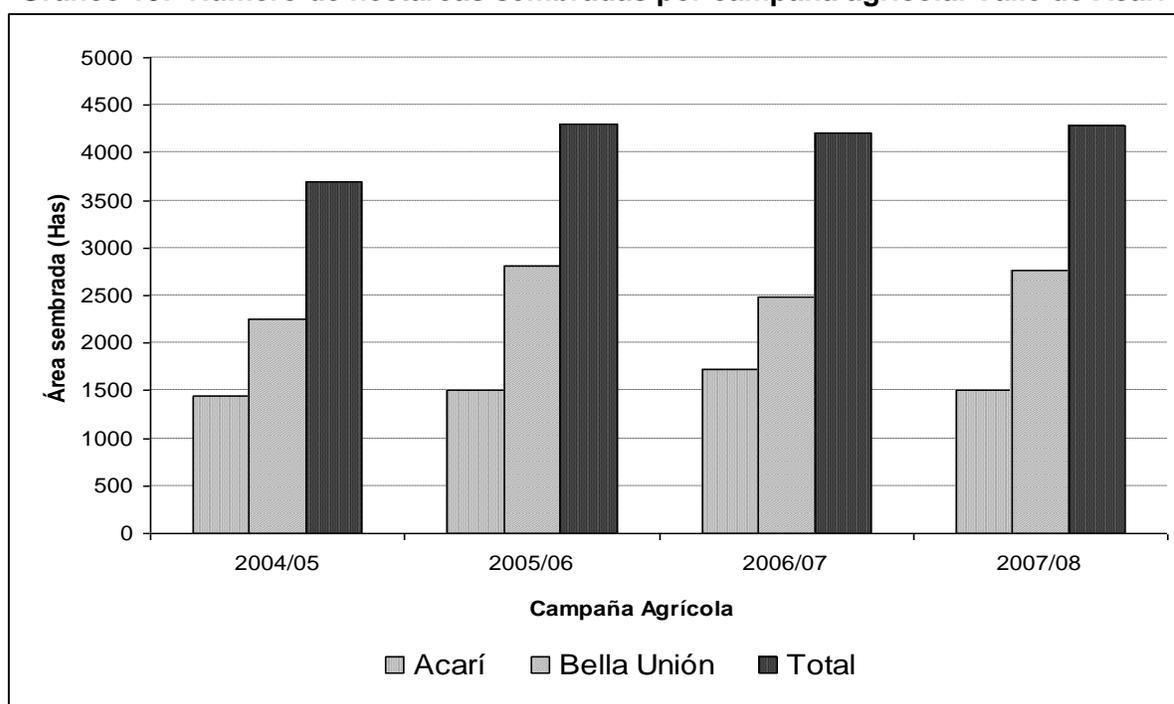
La tasa de variación absoluta y relativa del número de hectáreas sembradas por campaña agrícola en el valle de Acarí se muestra en el Cuadro 39.

Cuadro 39: Tasa de variación absoluta y relativa del número de hectáreas sembradas por campaña agrícola en el valle de Acarí

Distrito	Tasa de Variación Absoluta			Tasa de Variación Relativa		
	2004/05-2005/06	2005/06-2006/07	2006/07-2007/08	2004/05-2005/06	2005/06-2006/07	2006/07-2007/08
Acarí	55	222	-212	3.81%	14.80%	-12.31%
Bella	553	0	-39	24.51%	0.00%	-1.39%
Total	608	-108	79	16.43%	-2.51%	1.88%

Fuente: Plan de Cultivo y Riego. Sector de Riego Acarí – Yauca. Campaña 2008 – 2009.

Gráfico 15: Número de hectáreas sembradas por campaña agrícola. Valle de Acarí



Fuente: Plan de Cultivo y Riego. Sector de Riego Acarí – Yauca. Campaña 2008 – 2009

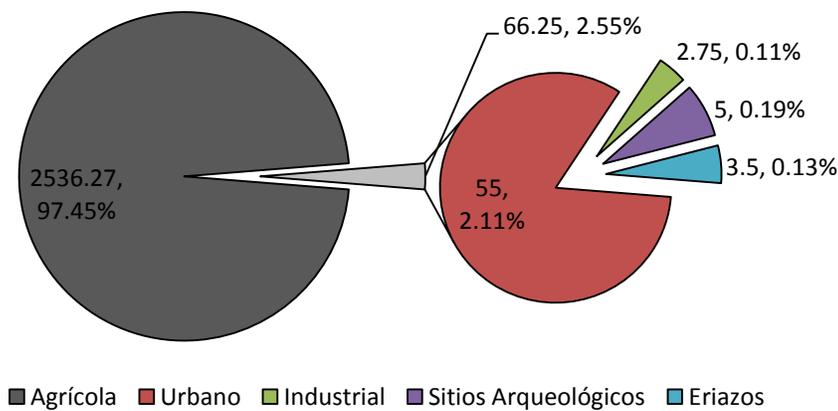
Como se puede apreciar en el Gráfico 15 la variación en el número de hectáreas sembradas no es considerable si tomamos como base el número de hectáreas disponibles. Es así que para el caso del distrito de Acarí la variación promedio de hectáreas sembradas es de 9.2 %, es decir 232 Has. y para el distrito de Bella Unión 19%, lo cual significan 689 Has.

La diferencia en variación de hectáreas sembradas en promedio entre distritos se debe esencialmente a la disponibilidad de agua para riego.

El uso actual del suelo, tanto en el distrito de Acarí como de Bella Unión, es en su mayoría dedicado a la agricultura; siendo en el caso del distrito de Acarí 97.45 % y para el distrito de Bella Unión de 98.28 %. Ver Cuadro 6.

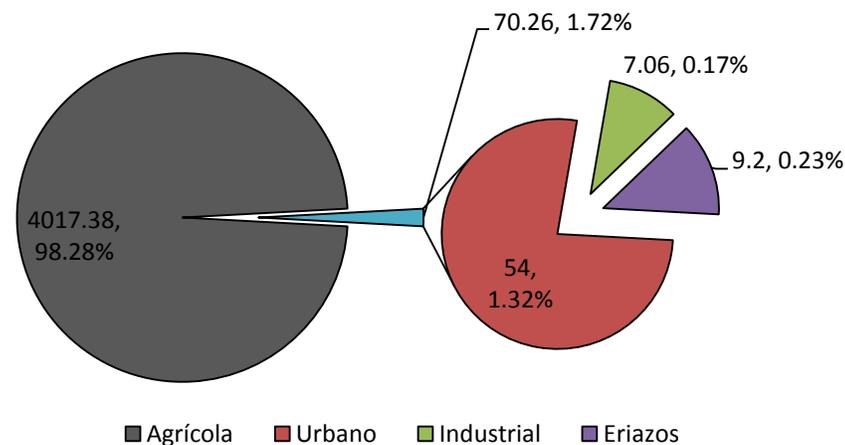
El Gráfico 16 y 17 muestran la distribución del uso del terreno desde el punto de vista de las actividades económicas en los distritos de Acarí y Bella Unión, respectivamente.

Gráfico 16: Uso Actual de la Tierra en el Valle de Acarí. Distrito de Acarí. Período 2008-2009.



Fuente: ATDR-AYP, 2009.

Gráfico 17: Uso Actual de la Tierra en el Valle de Acarí. Distrito de Bella Unión. Período 2008-2009.



Fuente: ATDR-AYP, 2009.

Medición 3-2: Porcentaje - % de superficie impermeable.

Siendo el área utilizada para agricultura muy superior al área para otros usos el porcentaje de área impermeable resulta muy reducida y no representa una influencia determinante en la determinación del indicador.

Indicador 4: Extensión e impactos de la contaminación del agua subterránea

Medición 4-1: Numero de sitios en riesgo

No se ha realizado un estudio de contaminación del agua subterránea, ni tampoco estudios que permitan clasificar el agua subterránea con fines de uso, no es posible establecer la ubicación de sitios en riesgo, además de no ser posible la realización de un inventario de los mismos.

Indicador 5: Comunidades naturalmente dependientes del agua subterránea

La Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales en el Título II: El Estado y el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales establece la Zonificación Ecológica y Económica para el uso de los recursos naturales, para lo cual en el Artículo 11.- La Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) del país se aprueba a propuesta de la Presidencia del Consejo de Ministros, en coordinación intersectorial, como apoyo al ordenamiento territorial a fin de evitar conflictos por superposición de títulos y usos inapropiados, y demás fines.

Dicha Zonificación se realiza en base a áreas prioritarias conciliando los intereses nacionales de la conservación del patrimonio natural con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

En tal sentido, la ALA – AYP no ha establecido si es que existen y cuales son las comunidades dependientes de manera natural del agua subterránea. Adicionalmente, ningún indicador ni tipo de medición ha sido desarrollado en la metodología utilizada.

Indicador 6: Costo del agua subterránea por tipo de usuario

No se ha establecido cual es la tarifa por consumo de agua subterránea. Adicionalmente, ningún indicador ni tipo de medición ha sido desarrollado en la metodología utilizada.

Respecto al indicador 6, se debe de mencionar que por Ley no se cobra tarifa por consumo de agua subterránea. Adicionalmente, en general el tipo de usuario doméstico, agrícola, y pecuario, y las combinaciones de los tres anteriores no cuentan con ningún documento emitido por la ALA que de alguna manera formalice el uso del recurso hídrico subterráneo. Todo lo contrario ocurre con el recurso hídrico superficial. En tal sentido, este indicador no será tomado en cuenta.

Indicador 7: Eficiencia en el uso del agua subterránea

Medición 7-1: Producto-producido por unidad de agua subterránea usada por sector

Se debe de indicar que no es posible establecer en qué grado influye la eficiencia en el uso del agua subterránea en la productividad del “producto”. En tal sentido, este indicador no será tomado en cuenta al momento de decidir el estado en el cual se encuentra el manejo de las aguas subterráneas del valle de Acarí respecto a la sostenibilidad.

Indicador 8: Uso de agua a través de fuentes alternativas

Medición 8-1: Litros de agua reciclada

En la actualidad no se consume agua reciclada de ningún origen.

Medición 8-2: Litros de agua usada desde la colección de agua de drenaje

El agua de drenaje, producto de los remanentes del riego superficial retorna al río Acarí. No se efectúan mediciones al respecto.

Indicador 9: Educación Pública

Medición 9-1: Conocimiento público acerca del agua subterránea como recurso

Con respecto al conocimiento público respecto al agua subterránea se realizó una encuesta a 150 personas en el valle de Acarí. Los resultados se muestran a continuación.

Respecto al número de hombres entrevistados este fue de 92, mientras que se entrevistó a 58 mujeres.

Sexo y grupos de edad	
Hombres	92
11-15	3
21-25	3
26-30	8
31-35	8
36-40	6
41-45	8
46-50	17
51-55	11
56-60	11
65+	17

Mujeres	58
16-20	8
21-25	6
26-30	6
36-40	3
41-45	11
46-50	17
51-55	6
56-60	3

Hombres	61.11%
Mujeres	38.67%

El grado de instrucción predominante es el de nivel de secundaria con 63.3%, siendo la ocupación predominante la agricultura con 37%.

Grado de Instrucción		
Primaria	32	21.32%
Secundaria	95	63.29%
Superior	11	7.40%
Universitaria	12	7.99%

Ocupación		
Agricultor	56	37.04%
Comerciante	19	12.96%
Ama de Casa	31	20.37%
Otros	44	29.63%

Los siguientes Cuadros muestran el número de respuestas, positivas y negativas a las preguntas formuladas a la muestra de personas encuestadas:

	¿Considera que el agua subterránea es un recurso natural renovable?		¿Considera que el agua subterránea es un recurso natural que se puede contaminar?	
Total Si	114	76.00%	89	59.33%
Total No	25.2	16.80%	42	28.00%
No sabe	11.2	7.47%	19	12.67%
Total	150	100.00%	150	100.00%

¿En qué estado considera usted que se encuentra el agua subterránea como recurso natural ?	
Bien conservado	0.00%
conservado	31.48%
deteriorado	14.81%
muy deteriorado	0.00%
amenazado	31.48%
no sabe	22.22%

En su opinión, ¿Quién es responsable por mantener la calidad y asegurar la cantidad del agua subterránea?	
El gobierno	5.56%
ALA	11.11%
Ambos	7.41%
Uno mismo	25.93%
Todos	37.04%
Nadie	12.96%

¿Qué es más importante para usted la calidad o la cantidad del agua subterránea?	
calidad	40.74%
cantidad	7.41%
ambos	51.85%
ninguno	0.00%

¿Qué entiende usted por manejo sostenible de un recurso natural?	
sabe	37.04%
no sabe	62.96%

¿Qué tan importante es para usted que se proteja el agua subterránea como recurso hídrico?	
muy importante	100%

¿Qué tan importante es el manejo sostenible de los recursos naturales?	
muy importante	100%

Medición 9-2: Educación en recursos de agua

En cuanto a la educación que recibe el alumnado respecto a los recursos hídricos las instituciones educativas el Programa Curricular para educación secundaria considera el curso de “Ciencia Tecnología y Ambiente”, el cual es parte del “Diseño Curricular Nacional de la Educación Básica Regular” documento aprobado por Resolución Ministerial N° 0440-2008-ED.

Con respecto a la educación en temas relacionados con el recurso hídrico subterráneo se puede mencionar que a partir de entrevistas efectuadas a profesores y directores de las distintas Instituciones educativas públicas y privadas, a nivel de secundaria y superior, de los distritos de Acarí y bella Unión, este es muy limitado o no se imparte.

Medición 9-3: Entrenamiento del personal de los gobiernos locales

Respecto al entrenamiento o capacitación en temas relacionados a los recursos hídricos subterráneos por parte del personal que compone los gobiernos locales se debe mencionar que tanto los alcaldes, regidores, así como el personal de apoyo no reciben la capacitación. **Ángel Pío Gutiérrez Vilcarimo, Alcalde del Distrito de Acarí, 2009.**

Indicador 10: Conservación

Medición 10-1: Sistema público de agua utilizando agua subterránea

Ambos distritos, el de Acarí y el de Bella Unión utilizan agua de origen subterráneo como fuente de agua potable, la cual es distribuida por la red pública de la ciudad. Cabe mencionar que el agua no cuenta con tratamiento de potabilización.

En cuanto a la evolución tecnológica orientada a la utilización eficiente del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Acarí, se presentan los siguientes hitos históricos:

- Utilización de agua de pozo ubicado en la zona de Collona identificado con el IRHS-04 año 1973 (fecha de perforación).
- Utilización de agua proveniente de galerías filtrantes ubicadas en la zona de El Molino desde el año 2001.
- Utilización de agua proveniente de galerías filtrantes ubicadas en la zona de Huamarote desde julio del año 2009. Las tuberías de HDPE (polietileno de alta densidad) de 8" de diámetro.
- La dotación de agua es diaria de 6:00 am hasta las 11:00 am. Se requiere la utilización de reservorios domésticos.

En cuanto a la evolución tecnológica orientada a la utilización eficiente del recurso hídrico subterráneo en el distrito de Bella Unión, se presentan los siguientes hitos históricos:

- Utilización de cisternas llenadas con agua del río Acarí desde el año 1955.
- Utilización de agua de pozo identificados con el IRHS-170 y IRHS-210 a partir del año 1975 hasta el 2002, utilizando petróleo como fuente de energía.
- Utilización de agua de pozo identificados con el IRHS-170 y IRHS-210 desde el año 2002 utilizando electricidad como fuente de energía. Adicionalmente se realizan trabajos de mejoras en la red de distribución y se amplía el diámetro de las tuberías a 4”.
- Utilización de agua proveniente de galerías filtrantes desde el año 2004 al 2005, año en el cual por mal entendidos con el distrito de Acarí se detiene.
- Utilización de agua proveniente de galerías filtrantes en la zona de Huamarote desde julio del año 2009. Las tuberías de HDPE (polietileno de alta densidad) de 8” de diámetro.
- En la actualidad el servicio de agua potable es de 2 hr/día, 2 veces por semana.

Indicador 11: Acceso restringido al recurso hídrico subterráneo

Medición 11-1: Uso de restricciones como resultado de la contaminación

Con respecto a restricciones originadas por la contaminación del agua subterránea, no hay ninguna disposición al respecto emitida por la Autoridad de Aguas Local - ALA.

Medición 11-2: Impactos adversos al recurso (ARI)

Con respecto al número de veces en que la ALA ha encontrado situaciones que causan un impacto adverso al recurso que ocasione el cese de la explotación parcial o total del recurso hídrico subterráneo no se lleva una estadística al respecto.

Medición 11-3: Conflictos en el uso del aguas subterránea

- Entre usuarios, no se registran ingresos de documentos al respecto en la ALA de Acarí.
- Entre distritos se presentan discrepancias entre los distritos de Acarí y Bella Unión en cuanto a la proporción en el uso de la nueva fuente de agua, destinada para consumo humano, obtenida de galerías filtrantes.

El Cuadro 40 muestra la situación encontrada respecto a las mediciones requeridas para evaluar el los indicadores en el valle de Acarí.

El Cuadro 41 muestra la valoración en porcentaje de las mediciones requeridas por cada indicador. Como se aprecia son siete (07) los indicadores que permitirán evaluar si el acuífero de Acarí está siendo manejado sosteniblemente.

El período de medición, del año 1980 al 2007, ha sido adoptado en función a la disponibilidad de información, es decir en base a inventarios y mediciones realizadas en el valle respecto básicamente al sector medio ambiental. La valoración de los indicadores para el sector económico y social ha tenido que ser aproximada y estimada para los cuatro momentos de análisis.

A continuación se muestran los parámetros de valoración cuantitativa utilizados:

- Muy malo : 0 – 25 %
- Malo : 26 – 45%
- Regular : 46 – 55%
- Bueno : 56 – 75%
- Muy bueno : 76 – 100%

Cuadro 40: Situación encontrada respecto a los indicadores y mediciones

Indicador	Mediciones	Situación encontrada
1. Contribución del agua subterránea a los cursos de agua.	1.1 Cambio en la contribución a través del tiempo.	No se ha considerado variaciones al respecto.
2. Extracción del agua subterránea	2.1 Volúmenes de agua usada por distrito.	El volumen de explotación actual se encuentra por debajo del volumen explotable.
3. Impactos del uso de la tierra	3.1 Porcentaje (%) de uso en agricultura/ cobertura total.	El porcentaje de uso de suelo con capacidad de recarga del acuífero por infiltración es alto.
	3.2 Porcentaje (%) de áreas impermeables	El porcentaje de uso de suelo con capacidad de recarga del acuífero por infiltración es bajo.
4. Impactos de la contaminación del agua subterránea	4.1 Número de sitios en riesgo	No se ha considerado mediciones al respecto
5. Comunidades naturalmente dependientes del agua subterránea	No desarrollado	No se ha considerado variaciones al respecto.
6. Costo del agua subterránea por tipo de usuario.	No desarrollado	No se ha considerado variaciones al respecto.
7. Uso eficiente del agua subterránea	7.1 Salida de producto por unidad de agua subterránea por sector.	No se ha considerado variaciones al respecto.
8. Usos de agua a través de otras fuentes	8.1 Litros de agua reciclada.	No se ha utiliza agua reciclada. Existe la posibilidad de uso.
	8.2 Litros de agua utilizada proveniente de agua de drenaje.	Se considera que si existe uso de agua de drenaje. No se ha considerado variaciones al respecto.
9. Educación pública	9.1 Conocimiento público acerca del recurso "agua subterránea".	Se considera que si existe un conocimiento mínimo respecto a temas relativos al "recurso hídrico".
	9.2 Educación en recursos hídricos.	Se considera que si existen cursos, contenidos en la curricula nacional, que enseñen a los alumnos temas relacionados con los recursos hídricos.
	9.3 Entrenamiento del gobierno local	Se considera que no existe entrenamiento de parte del personal que conforma los gobiernos locales.
10. Conservación	10.1 Sistemas públicos de agua usando agua subterránea	Se considera que si existe el sistema público que utilice agua subterránea (galería filtrante, pozos). El sistema viene mejorando su eficiencia y dotación de servicio.
11. Usos de agua a través de otras fuentes	11.1 Restricciones debido a la contaminación.	Se considera que restricciones debido a la contaminación del recurso hídrico subterráneo. Si existen focos de contaminación.
	11.2 Impacto adversos al recurso (ARI).	No se ha considerado variaciones al respecto.
	11.3 Conflicto por el uso del agua	Se considera que no existe conflicto por el uso del recurso hídrico subterráneo proveniente del acuífero de Acarí. La ALA-AYP no registra dichos conflictos.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 41: Valoración en porcentaje (%) de los indicadores para el período 1980-2007 en el valle de Acarí.

N°	Indicadores	1980	1998	2003	2007	Óptimo
1	Volúmenes de agua subterránea extraída	7.93%	87.28%	44.28%	80.42%	80.00%
2	Uso del suelo en agricultura/ cobertura total	97.96%	97.96%	97.96%	97.96%	98.00%
3	Aéreas impermeables/ Cobertura total	2.04%	2.04%	2.04%	2.04%	2.00%
4	Conocimiento público acerca del “agua subterránea”	s/d	s/d	s/d	45.00%	70.00%
5	Educación en recursos hídricos (Población en edad escolar)	s/d	s/d	s/d	89.00%	90.00%
6	Entrenamiento del gobierno local en recursos hídricos	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	80.00%
7	Sistemas públicos de agua utilizando agua subterránea	5.95%	6.85%	9.23%	11.61%	20.00%

Fuente: Elaboración propia.

s/d: sin dato.

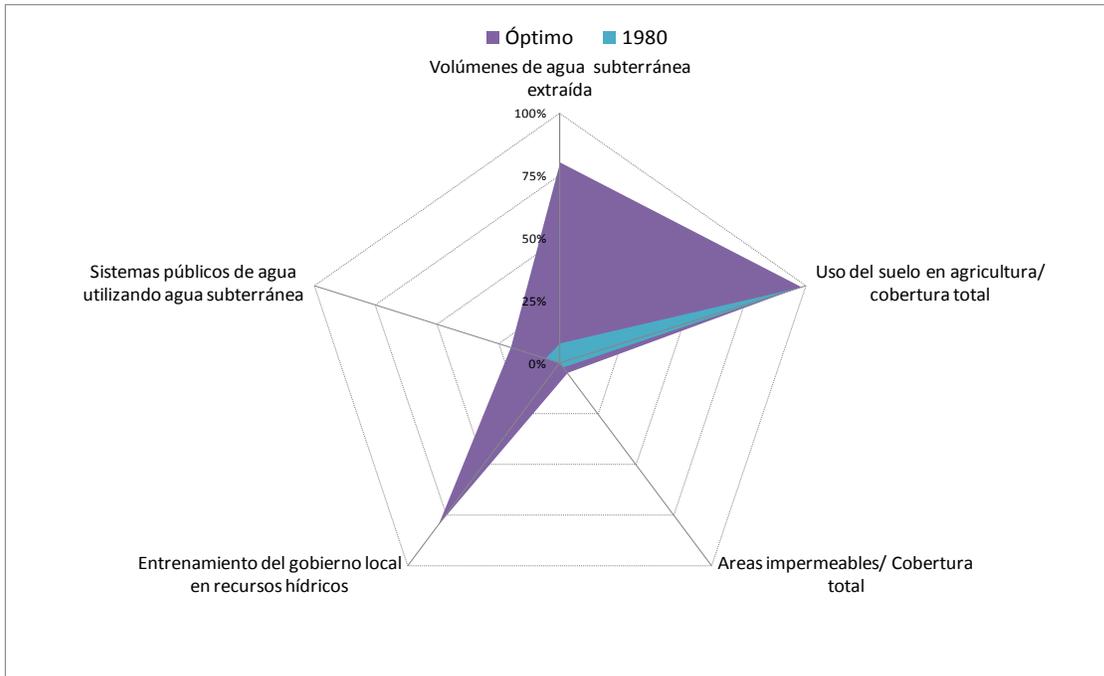
Los Gráficos del 18 al 21 muestran el resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el período 1980 – 2007 en el valle de Acarí, respectivamente. Los valores graficados se muestran en el Cuadro 50.

En cuanto al indicador que evalúa el volumen en % de agua usada por distrito, se puede apreciar que el volumen de explotación no supera al volumen máximo explotable.

La valoración cualitativa obtenida a partir de estos valores es: muy buena – MB. Esta valoración no está en función a los parámetros de evaluación definidos, si no debido al hecho de que la explotación actual del recurso hídrico subterráneo, así como la tendencia que muestra, se encuentra por debajo del máximo permisible.

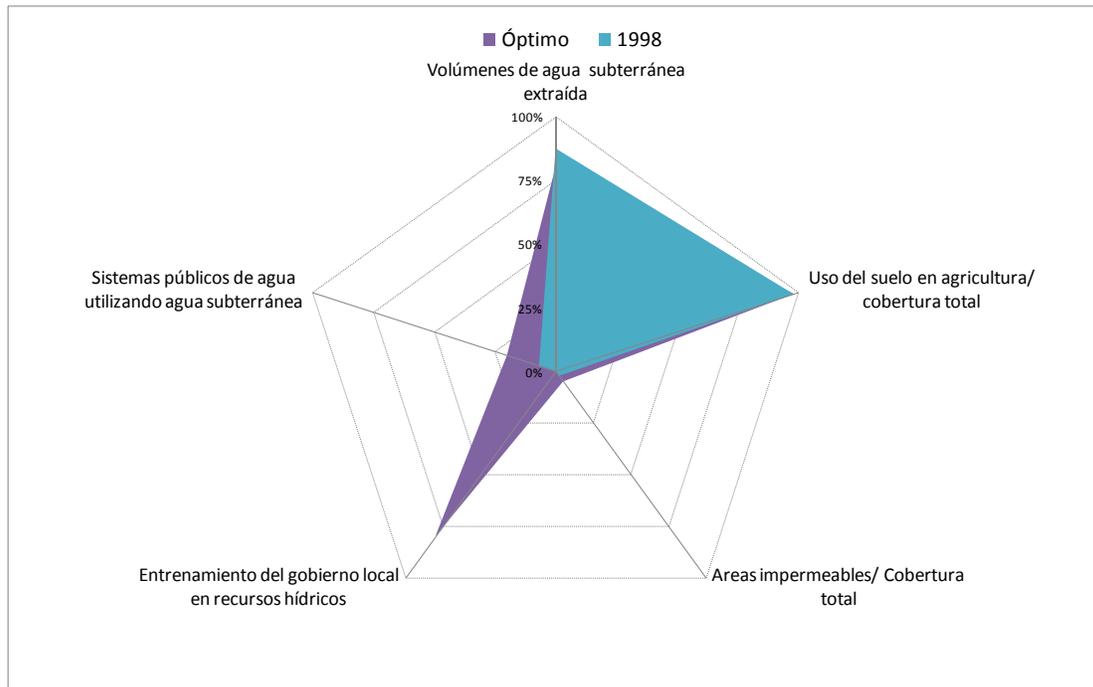
El Gráfico 22 muestra el resultado de la ponderación en porcentaje (%) efectuada a los indicadores por distrito en el valle de Acarí. El Cuadro 49 muestra los valores de asignados a los indicadores.

Gráfico 18: Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 1980 vs Ideal. valle de Acarí



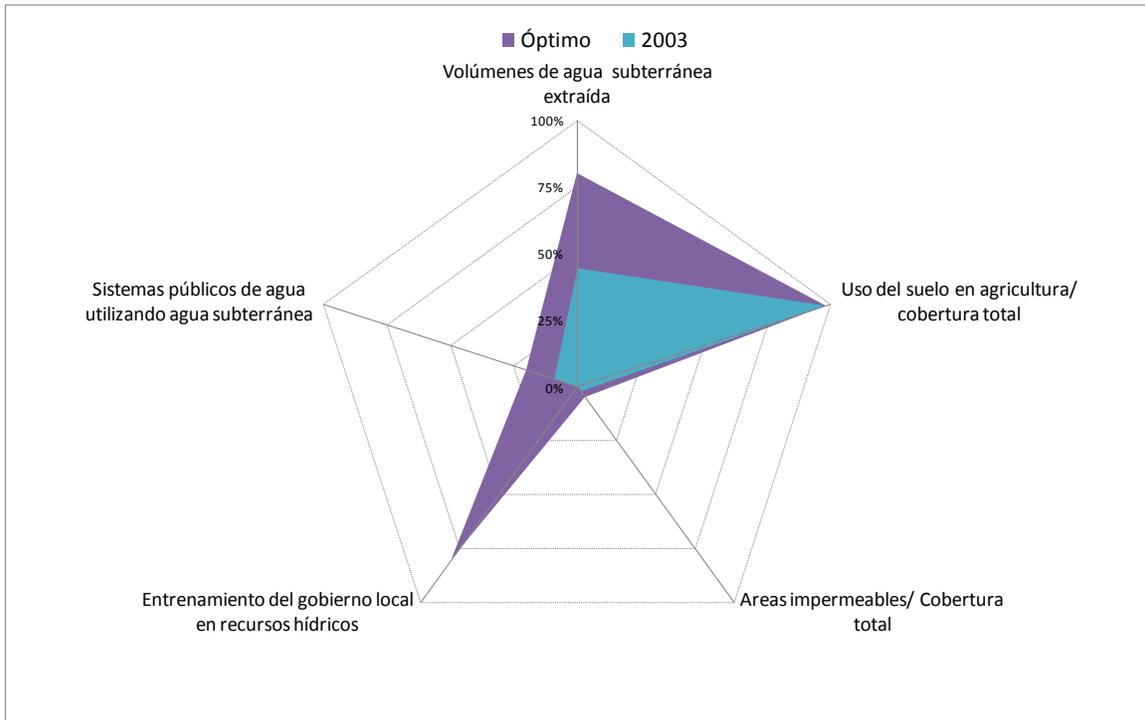
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 19: Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 1998 vs Ideal. valle de Acarí



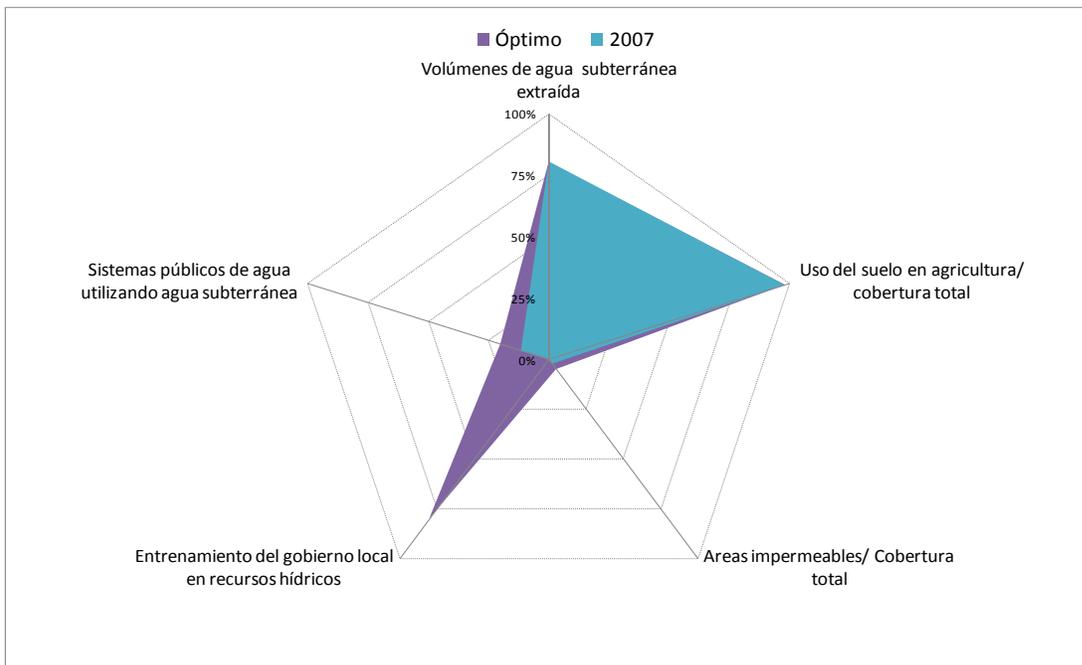
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 20: Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 2003 vs Ideal. valle de Acarí



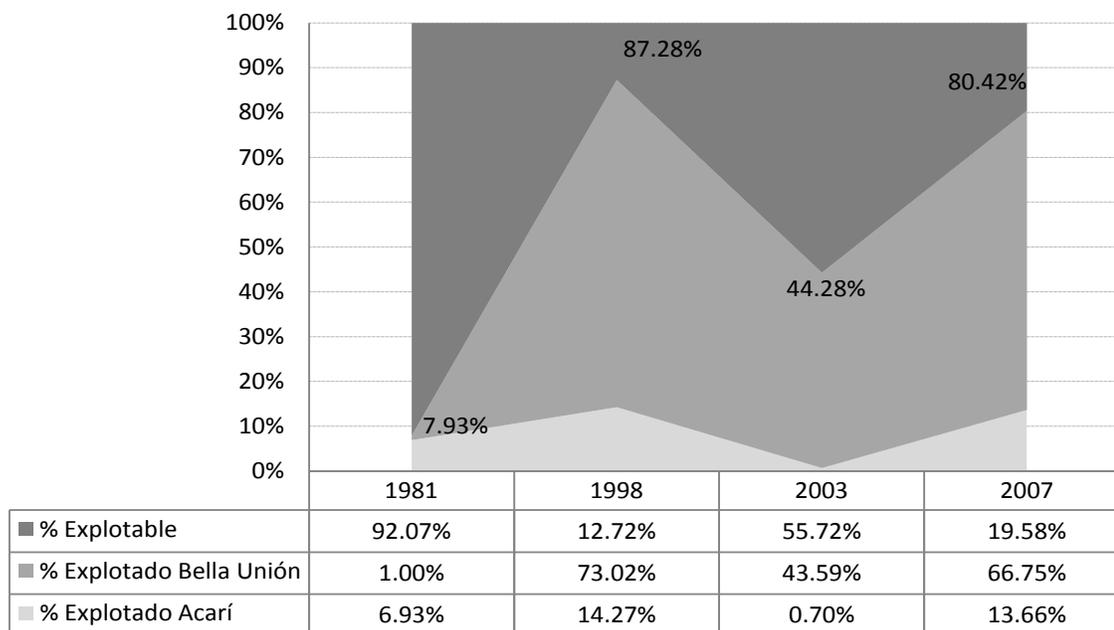
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 21: Resultado en porcentaje (%) del comportamiento de los indicadores para el año 2007 vs Ideal. valle de Acarí



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 22: Indicador N° 1: volumen de explotación, expresado en porcentaje (%) del volumen explotable por distrito en el valle de Acarí



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al indicador que evalúa el porcentaje (%) de uso del suelo en agricultura vs. cobertura total, se puede apreciar que el número de hectáreas empleadas en la agricultura respecto al área de cobertura total es muy elevado y se ha mantenido así por ser un valle dedicado a la agricultura. El valor asignado (97.96%) es el promedio de los distritos de Acarí y Bella Unión y se asume constante para el período de evaluación, ya que las variaciones en el número de hectáreas sembradas no es significativa, tal como se muestra en el Cuadro 42 y se aprecia en el Gráfico 23.

De igual manera, al ser el indicador: porcentaje (%) de de áreas impermeables vs. cobertura total complementario al indicador que evalúa el porcentaje (%) de uso del suelo en agricultura vs. cobertura total el análisis es similar.

La valoración cualitativa obtenida a partir de estos valores es: muy buena – MB. Esta valoración está en función a los parámetros de evaluación definidos.

En cuanto al indicador que evalúa el conocimiento público acerca del “agua subterránea”, se ha obtenido en base a una encuesta realizada el año 2009. El porcentaje asignado está en función de la población para los años respectivos. El valor obtenido para el año 2009 (63%) es el promedio de los distritos de Acarí y Bella Unión.

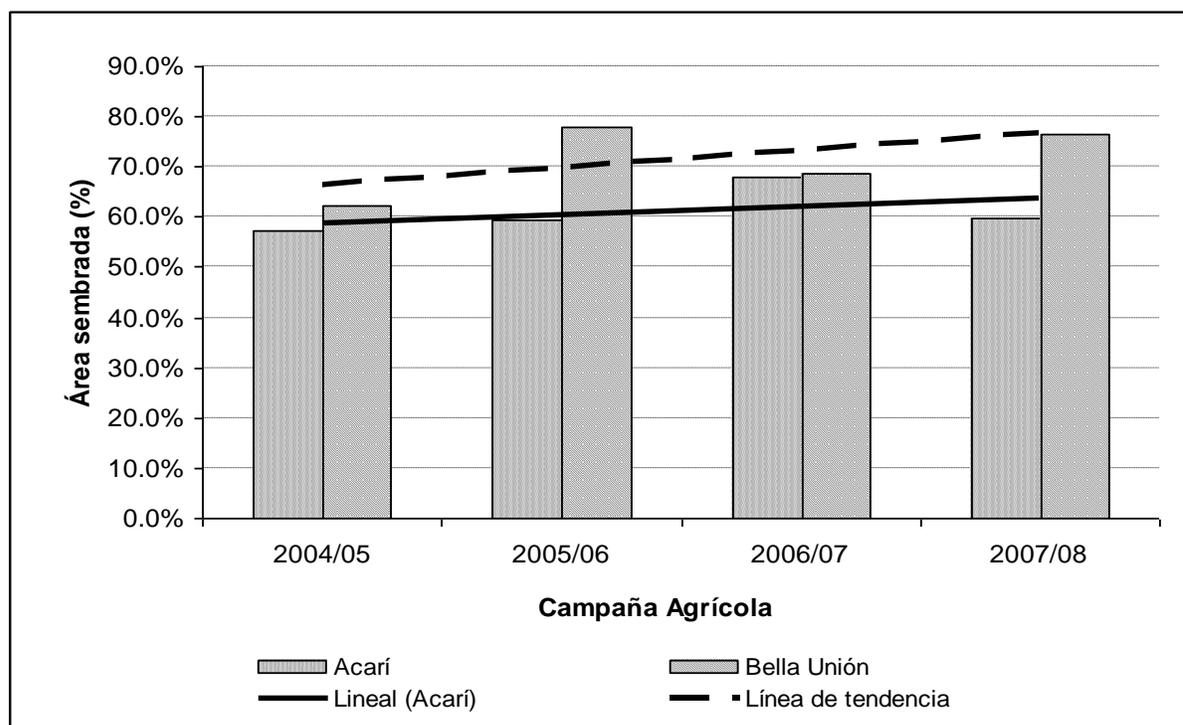
La valoración cualitativa obtenida a partir de estos valores es: malo – M. Esta valoración está en función a los parámetros de evaluación definidos.

Cuadro 42: Porcentaje (%) de variación del área sembrada en el valle de Acarí. Período 2004-2008

Distrito	Área Total	Campaña Agrícola				Prom.	Min.	Max.	% Var.
		2004/05	2005/06	2006/07	2007/08				
		%	%	%	%				
Acarí	2,528.34	57.15	59.33	68.11	59.72	61.08	57.15	68.11	10.96
Bella Unión	3,613.65	62.43	77.73	68.60	76.65	71.35	62.43	77.73	15.30
Total	6,141.99	60.26	70.16	68.40	69.68	67.12	60.26	70.16	9.90

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 23: Variación del área sembrada en el valle de Acarí. Período 2004-2008



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al indicador que evalúa la educación en recursos hídricos de la población en edad escolar en el nivel de secundaria, se ha obtenido en base a entrevistas realizadas el año 2009 al personal docente de las I.E. en los distritos de Acarí y Bella Unión, así como en el Instituto Tecnológico Superior de Bella Unión. El porcentaje asignado de cero (0%) ya que en el curso de Ciencia y tecnología, que es parte de la currícula nacional no se enseña respecto al recurso hídrico subterráneo. El I.S.T. no cuenta con un curso al respecto. La currícula del I.S.T. se muestra en Anexos.

La valoración cualitativa obtenida a partir de estos valores es: muy mala – MM. Esta valoración está en función a los parámetros de evaluación definidos.

En cuanto al indicador que evalúa el entrenamiento y capacitación de los gobiernos locales en temas relacionados con el agua subterránea, se ha obtenido en base a entrevistas realizadas el año 2009 al personal del municipio distrital de Acarí y Bella Unión. El porcentaje asignado de cero (0%) ya que no reciben entrenamiento ni capacitación alguna. Se asume similar valoración en los años previos.

La valoración cualitativa obtenida a partir de estos valores es: muy mala – MM. Esta valoración está en función a los parámetros de evaluación definidos.

En cuanto al indicador que evalúa la eficiencia en la utilización de sistemas públicos de agua utilizando agua subterránea, se ha obtenido en base a entrevistas realizadas el año 2009 al personal del municipio distrital de Acarí y Bella Unión. El porcentaje se ha asignado en base a las horas que dispone la población del servicio, tomando como óptimo 24 horas al día y siete días por semana.

La valoración cualitativa obtenida a partir de estos valores es: muy mala – MM. Esta valoración está en función a los parámetros de evaluación definidos.

El Cuadro 43 muestra una valoración cualitativa, así como la tendencia del comportamiento del indicador a partir del resultado obtenido, en porcentaje (%), para el período 1980 - 2007 en el valle de Acarí.

El resultado global de la evaluación del acuífero de Acarí es malo, debido a que los indicadores correspondientes al sector social muestran valores cuantitativos deficientes.

A consecuencia del resultado global obtenido, se puede concluir que el acuífero de Acarí se está manejando de manera no sostenible. El Gráfico 24 muestra la comparación entre distritos con respecto a la ponderación final otorgada por sector

Cuadro 43: Valoración cualitativa para el período 1980 – 2007 y tendencia del comportamiento de los indicadores en el valle de Acarí

N°	Indicadores	Valoración	Tendencia
Sector: Medio ambiente			
1	Volúmenes de agua usada por distrito	Muy bueno	Estable
2	% de uso del suelo en agricultura/ cobertura total	Muy bueno	Estable
3	% de áreas impermeables/ Cobertura total	Muy bueno	Estable
4	Litros de agua reciclada	Muy malo	Sin tendencia
5	Litros de agua utilizada proveniente de agua de drenaje	determinar	Sin tendencia
Resultado sectorial		Bueno	Estable
Sector: Social			
6	Conocimiento público acerca del “agua subterránea”	Malo	No determinada
7	Educación en recursos hídricos	Regular	No determinada
8	Entrenamiento del gobierno local	Muy malo	Estable
Resultado sectorial		Malo	Estable
Sector: Económico			
9	Sistemas públicos de agua usando agua subterránea	Muy malo	A mejorar
10	Restricciones debido a la contaminación	Muy bueno	Estable
11	Conflicto por el uso del agua	Muy bueno	Estable
Resultado sectorial		Bueno	Estable
Resultado global		Malo	Estable

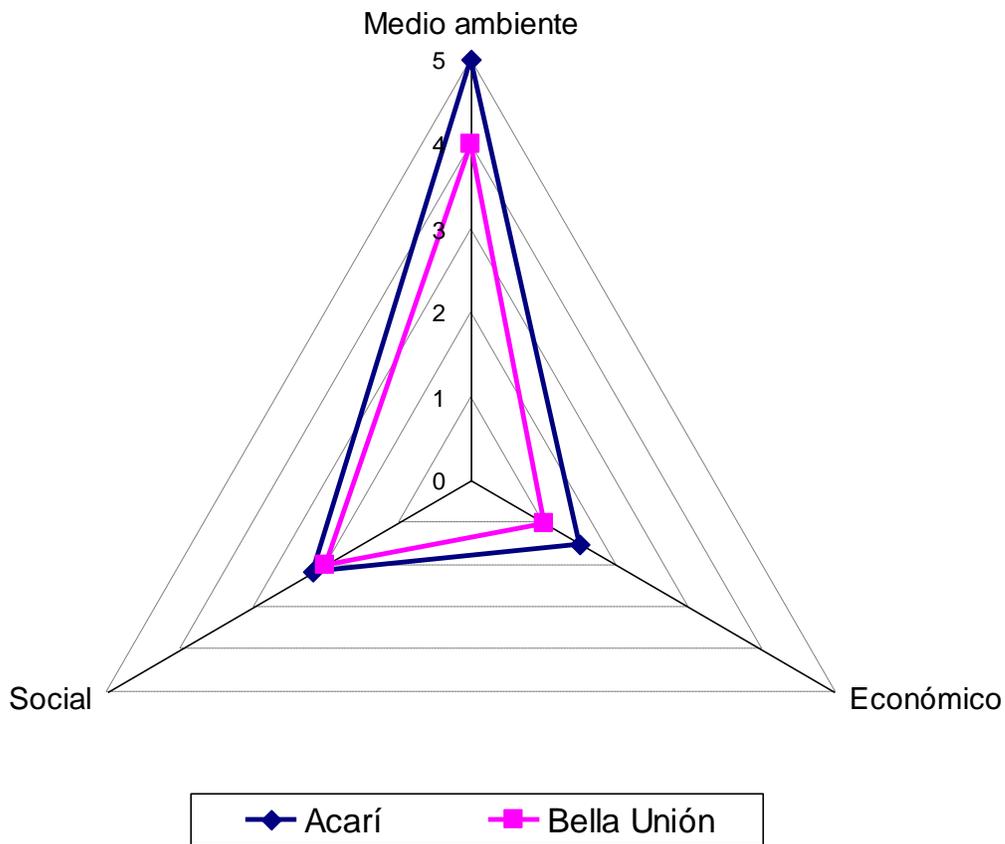
Fuente: Elaboración propia

Respecto al sector económico, el distrito de Acarí muestra una mejor ponderación que el de Bella Unión. Esto se debe, básicamente, al mejor comportamiento de los indicadores relacionados con el uso de aguas de drenaje.

Respecto al sector social, el distrito de Acarí muestra, ligeramente, una mejor ponderación que el de Bella Unión. Esto se debe, básicamente, al mejor comportamiento de los indicadores respecto a conflictos por el uso del agua subterránea.

En cuanto al sector medio ambiente, el distrito de Acarí muestra una mejor ponderación que el de Bella Unión. Esto se debe, básicamente, a una menor explotación de las aguas subterráneas.

Gráfico 24: Resultado de la ponderación de sectores por distrito



Fuente: Elaboración propia.

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El manejo sostenible del acuífero de Acarí con fines de riego, mediante la utilización de la metodología elaborada por el Dr. Alan Steinman ha permitido, establecer si el recurso hídrico subterráneo del valle de Acarí está siendo manejado sosteniblemente.
- El presente trabajo de investigación analizó la tendencia de cada uno de los tres sectores (medio ambiente, económico y social) que comprenden el modelo de sostenibilidad, establecido por la metodología, en los distritos de Acarí y Bella Unión.
- A partir del análisis de los tres sectores se ha determinado que el acuífero de Acarí no viene siendo manejado de manera sostenible.
- Si bien dentro de los tres sectores que se han analizado, la metodología propone once (11) indicadores, en la práctica los trabajos que el Ministerio de Agricultura a través de la ALA-AYP realizan, no permiten la utilización del total de todos ellos.
- La determinación de la situación actual, así como la tendencia del manejo sostenible del acuífero de Acarí se determinó utilizando siete (07) indicadores, de los cuales tres (03) son del sector medio ambiental y cuatro (04) del sector social.

A continuación se muestran las conclusiones a las que se ha llegado con el presente estudio de investigación para cada uno de los indicadores utilizados:

Sector: Medio Ambiente

Indicador 1: Contribución del Agua Subterránea a los Cursos de Agua

Debido a que la medición no es efectuada por parte de la Autoridad Local de Aguas, no es posible determinar si existe un cambio en la contribución del agua subterránea a los cursos de agua en el tiempo.

Indicador 2: Extracción del agua subterránea

La capacidad instalada para la extracción del agua subterránea, la cual comprende el número de pozos utilizados y utilizables ha variado de manera incremental respecto al año base 1981, año en el cual se contabilizó 76 pozos en Acarí y 50 en Bella Unión.

El porcentaje (%) de variación entre el período 1981-2007 es:

- para el distrito de Acarí de 75%, al pasar de 75 a 133 pozos.
- para el distrito de Bella Unión fue de 290%, al pasar de 50 a 195 pozos
- para el total general es de 160%.

La Tasa de Crecimiento Promedio (*tcp*) para el período 1981-2007 es:

- para el distrito de Acarí de 15%
- para el distrito de Bella Unión de 40.5%
- para el total general es de 27%.

La tendencia en cuanto al número de pozos respecto al año anterior en el valle de Acarí se está estabilizando y se espera que el incremento de pozos dentro del área de estudio no sea significativo, con lo cual el volumen de explotación anual se debería de mantener en los rangos actuales.

El volumen de explotación en el valle de Acarí para el año 2007 fue de 4'366,662.00, con lo cual se ha incrementado en 44.9% respecto al año 2003, pero es inferior en 8% al registrado en el año 1998.

La tendencia del volumen de explotación mostrada para el período de estudio (1980-2007) refleja un comportamiento estable y se prevee que va a permanecer por debajo de las reservas explotables de 5.43 MMC.

Indicador 3: Impactos del Uso de la Tierra

En cuanto al impacto del uso de la tierra en la recarga del acuífero de Acarí, es importante mencionar la creación de la irrigación Bella Unión en 1944, la cual

incrementó de manera considerable el volumen de recarga al incrementar el área bajo riego en el valle de Acarí. En la actualidad el área bajo riego de la irrigación Bella Unión es de 3,624.34 Ha, de un total de 3,889.60 Ha.

Con respecto al uso actual de la tierra en el distrito de Acarí este se mantiene sin sufrir cambios de uso, ya que es un distrito dedicado básicamente a la agricultura con una extensión total aproximada de 2,528.34 Ha, la cual, básicamente varía en el porcentaje de área sembrada.

Con respecto al distrito de Bella Unión se ha visto un cambio de uso al pasar de ser suelos de naturaleza eriaza a ser suelos cultivados. La extensión aproximada de las áreas destinadas a la agricultura ascienden a 4,000 Ha, de los cuales se encuentra habilitados para uso poblacional alrededor de 54 Ha.

El uso actual del suelo, tanto en el distrito de Acarí como de Bella Unión, es en su mayoría dedicado a la agricultura; siendo en el caso del Distrito de Acarí 97.45 % y para el Distrito de Bella Unión de 98.28 %.

La tasa de variación relativa, respecto al número de hectáreas sembradas, para el total del valle, para el período 2004-2008 es de 9.9%.

Siendo el área utilizada para agricultura muy superior al área para otros usos el porcentaje de área impermeable resulta muy reducida y no representa una influencia determinante en la determinación del indicador.

Indicador 4: Extensión e impactos de la contaminación del agua subterránea

No se ha realizado un estudio de contaminación del agua subterránea, con lo cual, no es posible establecer la ubicación de sitios en riesgo, además de no ser posible la realización de un inventario de los mismos.

Indicador 5: Comunidades naturalmente dependientes del agua subterránea

La ALA – AYP no ha establecido si es que existen y cuáles son las comunidades dependientes de manera natural del agua subterránea.

Indicador 6: Costo del agua subterránea por tipo de usuario

No se ha establecido cual es la tarifa por consumo de agua subterránea.

Indicador 7: Eficiencia en el uso del agua subterránea

Se debe de indicar que no es posible establecer en qué grado influye la eficiencia en el uso del agua subterránea en la productividad del “producto”. En tal sentido, este indicador no ha sido tomado en cuenta al momento de decidir el estado en el cual se encuentra el manejo de las aguas subterráneas del valle de Acarí respecto a la sostenibilidad.

Indicador 8: Uso del agua a través de fuentes alternativas

Si bien es cierto que en la actualidad existe una planta de oxidación de aguas servidas en la localidad de Vijoto no se consume agua reciclada.

Indicador 9: Educación pública

El Programa Curricular para educación secundaria considera el curso de “Ciencia Tecnología y Ambiente”, el cual es parte del “Diseño Curricular Nacional de la Educación Básica Regular” documento aprobado por Resolución Ministerial N° 0440-2008-ED.

Se puede mencionar que a partir de entrevistas efectuadas a profesores y directores de las distintas Instituciones educativas públicas y privadas, a nivel de secundaria y superior de los distritos de Acarí y Bella Unión, que el conocimiento respecto al manejo sostenible de los recursos hídricos subterráneos es muy limitado o no se imparte.

Respecto al entrenamiento o capacitación, del personal que conforma los gobiernos locales, en temas relacionados a los recursos hídricos subterráneos es nulo.

Indicador 10: Conservación

En cuanto a la evolución tecnológica orientada a la utilización eficiente del recurso hídrico subterráneo en los distritos de Acarí y de Bella Unión, se han presentado avances tecnológicos en ese sentido.

Indicador 11: Acceso restringido al recurso hídrico subterráneo

Con respecto a restricciones originadas por la contaminación del agua subterránea, no hay ninguna disposición emitida por la Autoridad de Aguas Local - ALA.

Con respecto al número de veces en que la ALA ha encontrado situaciones que causen un impacto adverso al recurso hídrico subterráneo, que ocasione el cese de la explotación parcial o total, no se lleva una estadística al respecto.

En cuanto a conflictos en el uso del agua subterránea entre usuarios, no se registran ingresos de documentos al respecto en la ALA de Acarí.

En cuanto a los conflictos en el uso del recurso entre distritos se presenta lo siguiente:

- Discrepancias entre los distritos de Acarí y Bella Unión en cuanto a la proporción en el uso de la nueva fuente de agua, destinada para consumo humano, obtenida de galerías filtrantes.

5.2 Recomendaciones

- Proponer a la ALA-AYP una metodología de medición de los indicadores, que forman parte de la metodología y que en la actualidad no se están midiendo.
- Debido a que la metodología utilizada no ha desarrollado mediciones ni criterios para el indicador N° 5 (comunidades naturalmente dependientes del agua subterránea); y para el indicador N° 6 (Costo del agua subterránea por cada sector relevante de la economía), se recomienda realizar los trabajos necesarios para poder establecer las mediciones y criterios necesarios.
- Ya que la Autoridad Local de Aguas no ha implementado un sistema de monitoreo de las variables de medición requeridas por cada indicador, es necesario establecer una línea base para cada uno de los indicadores y establecer la frecuencia de medición de cada uno de ellos.

- Se deben de implementar políticas de manejo sostenible del recurso hídrico subterráneo, las cuales deben de incluir los tres sectores que conforman el modelo de sostenibilidad (medio ambiente, económico y social) articulado con las políticas de desarrollo de alcance local, regional y nacional.
- Mejorar el nivel de conocimiento del poblador del valle de Acarí en general respecto al recurso hídrico subterráneo.
- Recomendar a los Gobiernos Locales incluya en su presupuesto anual una partida para capacitación de su personal en lo que respecta al recurso hídrico subterráneo.
- Recomendar a las instituciones educativas, en especial al nivel de secundaria la inclusión en su currícula del tema respecto al agua subterránea.
- Determinar, a través de los estudios correspondientes que zonas del acuífero de Acarí se encuentran en riesgo por contaminación.
- Establecer que zonas del valle de Acarí son naturalmente dependientes de las aguas subterráneas.
- En cuanto a la conservación del recurso, utilizar aguas de fuentes no convencionales, como las aguas servidas tratadas como parte del agua superficial destinada a satisfacer la demanda hídrica de los cultivos.

6.0 BIBLIOGRAFIA

- [1] Administración Técnica del Distrito de Riego Acarí – Yauca – Puquio (2005). Monitoreo de las Aguas Subterráneas Evaluación en el Valle de Acarí – Informe Final. Intendencia de Recursos Hídricos. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [2] Administración Técnica del Distrito de Riego Acarí – Yauca – Puquio (2004). Estudio Hidrológico de la Cuenca del Río Acarí – Informe Final. Dirección General de Aguas y Suelos. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [3] Administración Técnica del Distrito de Riego Acarí – Yauca – Puquio (2003). Estudio de Inventario de las Fuentes de Agua Superficiales en la Cuenca del Río Acarí – Informe Final. Dirección General de Aguas y Suelos. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [4] Administración Técnica del Distrito de Riego Acarí – Yauca – Puquio (1998) Inventario y Evaluación de las Fuentes de Agua Subterránea en el Valle de Acarí – Informe Final. Intendencia de Recursos Hídricos. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [5] Ahmad, M.D. (2002) Estimation of net groundwater use in irrigated river basins using geo-information techniques: A case study in Rechna Doab, Pakistan/ Ph.D. Thesis, Wageningen University. The Netherlands.
- [6] Ahmad, M.D., W.G.M. Bastiaanssen and R.A. Feddes, 2002. Sustainable use of groundwater for irrigation: A numerical analysis of the subsoil water fluxes. *Irrigation and Drainage* 51(3): 227-241.
- [7] Alley W.M., Leake, S.A. (2004). The Journey from Safe Yield to Sustainability. *Groundwater* Vol. 42, N° 1. Pages 12-16
- [8] Alley, W. M., Reilly, T. E., Franke, O. L. (1999) Sustainability of Ground Water Resources. U.S. Geological Survey Circular 1186.
- [9] Apaella Nalvarte, R. (2006) Propuesta de Asignaciones de Agua en Bloque - Volúmenes Anuales y Mensuales para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle de Acarí. Programa de Formalización de Derechos de Uso de Agua Fase II - Valles de Acarí-Yauca-Chaparra-Chala E Irrigación Bella Unión. Intendencia de Recursos Hídricos. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [10] Ary, D., Jacobs, L. CH., Razavieh, A. (1982): Introducción a la investigación edagógica. Interamericana. México. pp.2-14.
- [11] Brodie, R, Sundaram, B, Tottenham, R, Hostetler, S, and Ransley, T. (2007) An adaptive management framework for connected groundwater-surface water resources in Australia. Bureau of Rural Sciences, Canberra.
- [12] Caldas Vidal, J. (1978) Geología de los cuadrángulos de San Juan, Acarí y Yauca. Hojas (31-M, 31-N, 32-N). Boletín N° 30. Instituto de Geología y Minería. Lima – Perú.

- [13] Congreso de la República del Perú (1997) Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. LEY Nº 26821.
- [14] Dirección General de Estudios y Proyectos de Recursos Naturales (1997) Evaluación Hidrogeológica para Fines de Explotación de Aguas Subterráneas con Pozos Tajos Abiertos – Valles Acarí y Bella Unión. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [15] Dirección General de Estudios y Proyectos de Recursos Naturales (1997) Estudio Verificadorio de Prospección Geofísica con Fines de Perforación para la Junta de Usuarios Tercera Etapa de Bella Unión - Acarí. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [16] Dirección de Aprovechamiento de Aguas (1981) Inventario y Evaluación de las Fuentes de Agua Subterránea en el Valle de Acarí. Dirección General de Aguas, Suelos E Irrigaciones. Ministerio de Agricultura. Perú.
- [17] Dirección Nacional de Estadística. I Censo. Nacional de Población de. 1940.
- [18] Domenico, P. A., 1972, Concepts and models in groundwater hydrology: McGraw-Hill,. New York.
- [19] Flint, R. W. (2004) The Sustainable Development of Water Resources. Universities Council on Water Resources. Water Resources Update, Issue 127, Pages 41-51.
- [20] Foxon, T.J., McIlkenny, G., Gilmour, D., Oltean-Dumbrava, C., Souter, N., Ashley, R., Butler, D., Pearson, P., Jowitt, P., and Moir, J. 2002. Sustainability criteria for decision support in the UK water industry. Journal of Environmental Planning and Management, 45(2): 285–301.
- [21] Gupta, A. D., and Onta, P. R. (1997) Sustainable groundwater resources development. Hydrological Sciences-Journal, 42(4)
- [22] Heintz, H. T. Jr. (2004) Applying the Concept of Sustainability to Water Resources Management. Universities Council on Water Resources. Water Resources Update, Issue 127, Pages 6-10.
- [23] Hempel, C.G.: 1952, *Fundamentos de la formación de conceptos en ciencia empírica*, Madrid, Alianza Editorial, 1988.
- [24] Hiscock, K. M., Rivett M. O., and Davison R. M. (eds.) (2002) Sustainable groundwater development. Special Publication Nº 193, London: Geological Society.
- [25] Instituto Nacional de Estadística e Informática. [CENSOS NACIONALES 1981: VIII DE POBLACIÓN Y III DE VIVIENDA](#). Departamento Arequipa.
- [26] Instituto Nacional de Estadística e Informática. [CENSOS NACIONALES 1993: IX DE POBLACIÓN Y IV DE VIVIENDA](#). Tomo II, Departamento Arequipa.

- [27] Instituto Nacional de Estadística e Informática. [CENSOS NACIONALES 2007: XI DE POBLACIÓN Y VI DE VIVIENDA](#). Departamento Arequipa.
- [28] Kemper, K. E. (2004) Groundwater - from development to management. *Hydrogeology Journal* 12: 3-5
- [29] Kendy, E. (2003) The False Promise of Sustainable Pumping Rates. *Ground Water* Vol. 41, Nº 1: 2-4
- [30] Kranz, R, Gasteyer, S. P., Heintz, Th, Shafer, R, and Steinman, A. (2004) Conceptual Foundations for the Sustainable Water Resources Roundtable Universities Council on Water Resources. *Water Resources Update*, Issue 127, Pages 11-19
- [31] Lisa Segnestam, L (2002) Indicators of Environment and Sustainable Development Theories and Practical Experience. The World Bank Environment Department. Environmental Economics Series. Paper Nº 89
- [32] Loaiciga, H. A. (2003) Sustainability and groundwater. Department of Geography, University of California, Santa Barbara, California 93106, USA. hugo@geog.ucsb.edu
- [33] Loaiciga, H. A. (2002) Sustainable Ground-Water Exploitation. Department of Geography, University of California, Santa Barbara, California 93106, USA. hugo@geog.ucsb.edu
- [34] Loucks, D. P. (2000). Sustainable water resources management. *Water International*, Vol. 25, No. 1, 3-10.
- [35] Maimone, M. (2004) Defining and Managing Sustainable Yield. *Ground Water* Vol. 42, Nº 6. Pages 809-814.
- [36] McLaren R. A., and S.P. Simonovic, (1999) "Data Needs for Sustainable decision Making", *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, Vol.6, No.2, 103-113.
- [37] McLaren R. A., and S.P. Simonovic, (1999) "Evaluating sustainability criteria for water resource decision making: Assiniboine Delta Aquifer case study", *Canadian Water Resources Journal*, Vol.24, No.2, 147-163.
- [38] Oficina Nacional de Evaluación de Recursos naturales - ONERN (1969) Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa, Cuenca del Río Acarí, Yauca, Chala y Chápara. Lima: Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales.
- [39] Ponce, M. V. (2006) Groundwater Utilization and Sustainability. [Http://Groundwater.Sdsu.Edu](http://Groundwater.Sdsu.Edu)
- [40] Portocarrero Whitembury, D (2007) Propuesta de Asignaciones de Agua Subterránea en Bloque - Volúmenes Anuales y Mensuales para la Formalización de los Derechos de Uso de Agua en el Valle de Acarí. Programa de Formalización de Derechos de Uso de

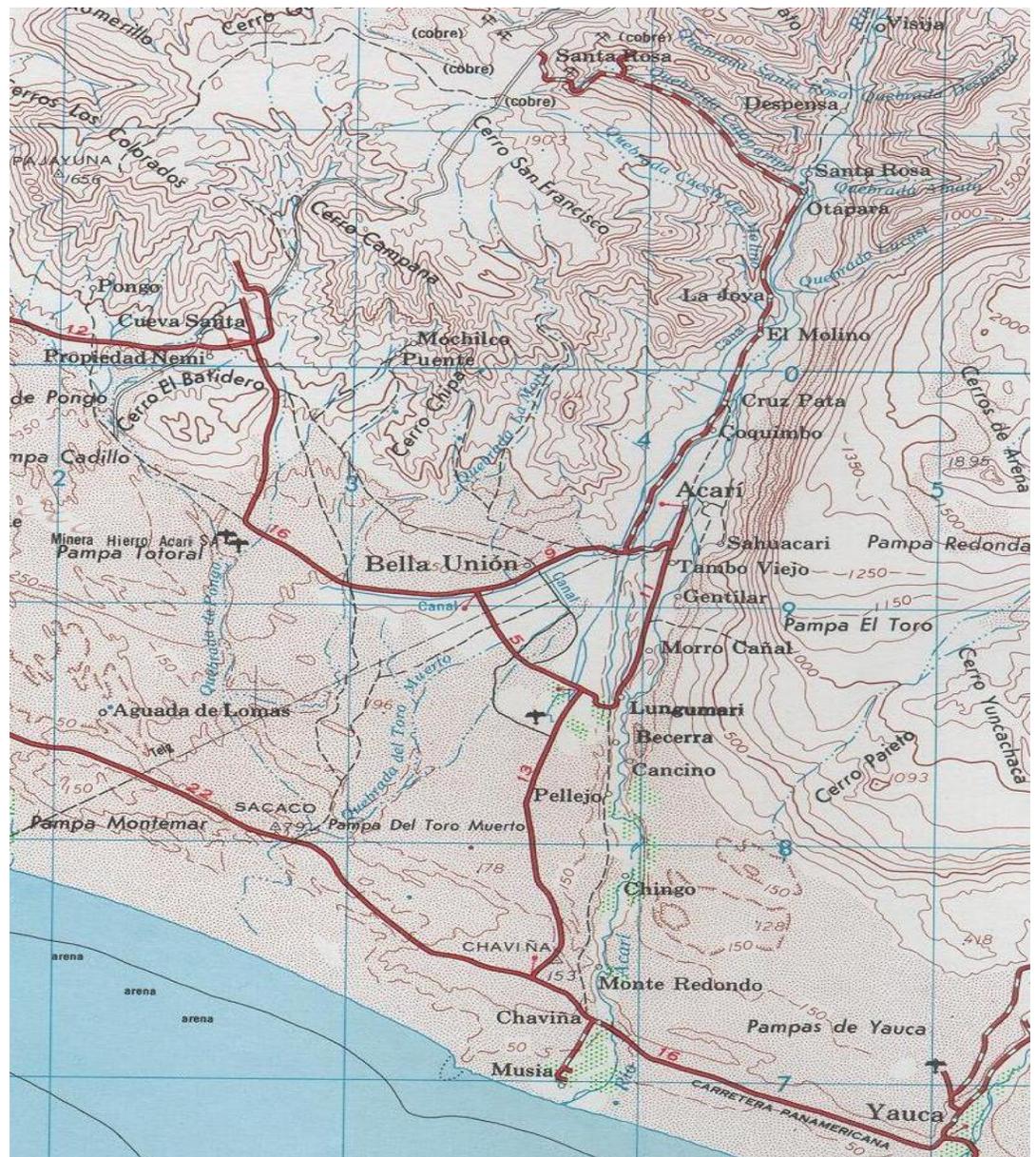
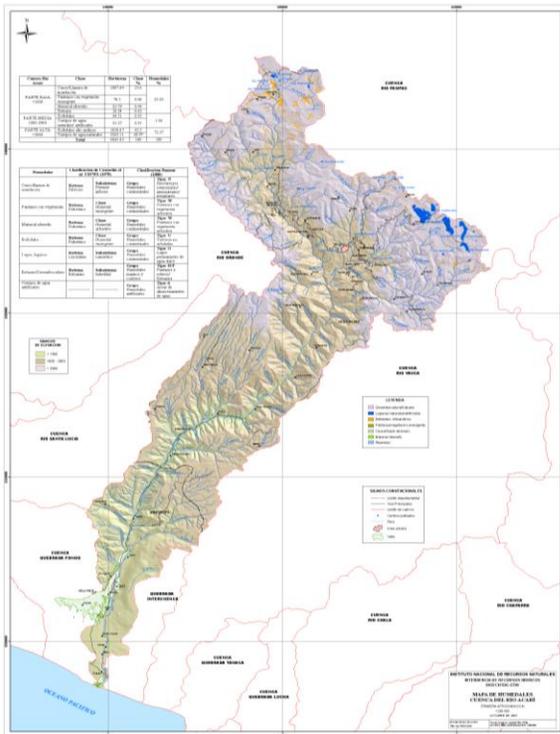
Agua Fase II - Valles de Acarí-Yauca-Chaparra-Chala E Irrigación Bella Unión.
Intendencia de Recursos Hídricos. INRENA. Ministerio de Agricultura. Perú.

- [41] Presidencia de la República, Oficina Nacional de Estadísticas y Censo. "Censos Nacionales de Población, Vivienda y Agropecuario, 1,961. Volumen IV, Departamento de Arequipa.
- [42] Sahely, H. R., Kennedy, Ch. A., and Adams, B. J. (2005) Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems. *Can. J. Civ. Eng.* 32: 72–85. <http://cice.nrc.ca>
- [43] Segnestam, L. (2002) Indicators of Environment and Sustainable Development Theories and Practical Experience. The World Bank Environment Department. Environmental Economics Series. Paper N° 89.
- [44] Seward, P., Xu, Y., and Brendonck, L (2006). Sustainable groundwater use, the capture principle, and adaptive management. *Water SA* Vol. 32, N° 4.
- [45] Steinman, A. (2007) Recommended Criteria and Indicators of Groundwater Sustainability for the State of Michigan. Annis Water Resources Institute. Grand Valley State University. Muskegon, MI 49441.
- [46] Stufflebeam, D. L. (1985) "La evaluación orientada hacia el perfeccionamiento". En: Stufflebeam, D.L. y Shinkfield, A.J., *Evaluación sistemática. Guía teórica y práctica.* Barcelona, Buenos Aires: Paidós-MEC, 1987.
- [47] Theis, C. V. (1940). [The source of water derived from wells: Essential factors controlling the response of an aquifer to development.](#) *Civil Engineering*, Vol 10, No. 5, May, 277-280.
- [48] Tuinhof, A., Dumars, Ch., Foster, S., Kemper, K., Garduño, H., Nanni, M., (2002 – 2006) *Gestión de Recursos de Agua Subterránea: una introducción a su alcance y práctica.* GW•MATE. Banco Mundial, Washington D.C., EEUU. www.worldbank.org/gwmate
- [51] Tuinhof, A., Dumars, Ch., Foster, S., Kemper, K., Garduño, H., Nanni, M., (2002 – 2005) *La Participación de los Grupos Interesados en la Gestión del Agua Subterránea: movilizar y apoyar organizaciones de gestión de acuíferos.* GW•MATE. Banco Mundial, Washington D.C., EEUU. www.worldbank.org/gwmate
- [52] US. Geological Survey. 1999. Sustainability of Ground-Water Resources, Circular 1186.
- [53] Vrba, J., Hirata, R., Girman, J., Haie, N., Lipponen, A., Neupane, B., Shah, T., and Wallin, B. (2005) *Groundwater Resources Sustainability Indicators.* UNESCO/IAEA/IAH Working Group I H P - V I Series on Groundwater N° 14.
- [54] Water Management Consultants (2007). *El Toro Iron Sands: Preliminary assessment of water supply options and work plan for the design and implementation of a water supply system.*

ANEXOS

Anexo Nº 1: Ubicación del área de estudio

Figura 8: Ubicación del área de estudio



Anexo Nº 2: Variación del nivel estático. Distrito: Acarí

Cuadro 44: Variación del nivel estático de la napa freática. Junta de Usuarios: Acarí.

IRHS	NIVEL ESTÁTICO																				
	Nov-80	May-98	Mar-99	Ago-99	Dic-99	May-00	Sep-00	Dic-00	Mar-01	Ago-01	Abr-02	Ago-02	Nov-02	Mar-03	Sep-03	Oct-04	Abr-05	Oct-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08
1	S/D	2.40	1.32	2.27	2.72	3.07	3.16	3.85	2.10	4.25	2.90	3.10	2.10	3.00	3.40	3.14	3.06	3.96	3.73	2.88	2.50
2	S/D	0.50	0.40	0.40	0.38	0.35	0.38	0.35	0.35	0.35	0.40	0.30	0.35	0.30	0.00	0.40	0.55	1.40	0.50	0.50	0.50
5	S/D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/D	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	S/D	0.00
10	S/D	S/D	3.58	2.80	3.04	2.05	2.30	3.06	2.95	2.85	3.00	2.55	2.95	2.40	2.24	2.88	2.63	3.18	3.10	2.90	2.20
16	S/D	4.30	S/D	3.40	3.65	3.00	3.20	3.00	2.60	S/D	3.45	S/D	2.60	3.00	3.12	4.20	3.20	4.03	3.90	3.90	S/D
18	1.92	1.50	1.30	1.00	1.20	0.50	1.60	1.56	1.37	1.20	1.40	1.05	1.37	1.35	1.00	1.60	1.05	1.08	1.60	0.60	0.80
19	3.17	2.30	2.40	2.73	2.96	2.53	2.32	2.47	2.55	2.60	2.80	2.30	2.55	2.35	2.80	2.80	2.20	2.70	2.70	2.20	2.20
20	3.70	3.40	3.17	2.45	2.75	2.25	2.35	2.64	2.75	2.60	2.70	2.40	2.75	2.05	2.30	2.60	2.35	3.02	3.10	2.80	2.20
29	2.39	1.30	1.15	0.93	1.24	0.90	1.07	1.15	0.72	0.93	1.00	S/D	0.72	0.75	0.87	1.25	0.65	1.34	1.20	0.70	0.50
30	1.55	2.50	2.20	2.55	1.58	1.95	2.15	2.00	2.20	2.02	2.10	2.20	2.20	2.30	1.44	2.20	2.15	2.87	2.44	2.03	1.90
32	1.55	1.25	1.00	0.82	1.00	0.75	1.04	1.00	1.03	0.80	0.80	0.66	1.03	0.45	1.00	0.90	0.60	1.10	0.73	0.20	0.60
33	S/D	11.40	11.88	10.95	11.20	11.27	11.45	10.82	11.10	S/D	10.65	10.37	11.10	10.00	8.88	9.25	8.90	9.22	9.25	9.23	9.30
38	2.46	1.30	1.10	0.95	1.22	0.81	0.87	0.95	0.97	0.80	0.95	S/D	0.97	0.85	1.23	1.15	0.75	1.37	1.15	0.55	1.00
42	2.30	1.90	1.10	2.63	2.69	1.70	2.15	2.00	2.20	2.10	2.10	2.05	2.20	2.10	1.50	1.90	1.70	2.40	2.28	1.90	1.70
48	S/D	2.40	1.70	2.10	2.70	2.80	3.50	3.70	3.50	3.85	4.00	4.80	3.50	3.80	1.30	3.20	2.45	1.50	3.05	1.00	S/D
53	S/D	1.05	1.05	1.13	1.70	0.90	0.90	1.10	0.75	0.80	0.80	0.70	0.75	0.75	0.80	1.15	0.60	1.50	1.70	0.90	S/D
58	1.63	1.00	0.00	0.42	0.95	0.55	0.73	0.85	0.38	0.93	0.95	1.25	0.38	0.90	1.26	1.33	0.85	S/D	1.47	0.80	S/D
61	S/D	1.80	2.00	1.60	1.92	1.70	1.66	1.60	0.71	1.70	1.87	1.63	0.71	1.80	1.44	1.60	1.55	1.58	1.60	1.60	S/D
68	S/D	4.00	3.33	3.45	3.90	3.33	3.00	2.70	3.10	1.30	2.45	2.20	3.10	2.00	2.40	3.30	1.65	3.20	3.30	3.10	S/D
74	S/D	0.50	0.40	0.46	1.03	1.15	0.58	0.60	0.50	0.45	0.25	0.60	0.50	0.45	1.70	1.80	0.70	1.70	1.70	0.50	0.50
75	S/D	0.10	0.80	0.00	1.10	2.18	0.62	0.60	0.63	0.65	0.85	0.65	0.63	0.80	0.23	0.50	0.70	0.83	0.40	0.40	1.20
80	3.45	2.57	2.26	2.50	2.50	2.18	1.80	2.35	2.20	2.20	2.25	2.30	2.20	1.90	2.40	3.10	2.20	2.75	2.60	1.80	2.00
85	1.06	0.20	0.44	0.50	0.65	0.20	0.10	0.30	0.15	0.80	0.70	0.80	0.15	0.80	0.76	1.00	0.95	1.20	1.70	1.65	0.80
88	S/D	4.60	3.60	4.77	4.90	4.17	4.06	4.25	2.70	4.15	3.30	4.16	2.70	3.30	4.17	4.45	4.20	4.50	4.50	3.83	3.50
91	S/D	5.65	5.75	4.57	4.90	4.40	4.40	5.00	5.03	4.55	4.80	S/D	5.03	4.00	4.05	4.80	4.40	3.10	S/D	S/D	S/D
96	S/D	8.40	9.59	8.35	8.96	8.00	8.80	9.53	9.53	9.88	9.78	9.18	9.53	9.30	8.62	9.40	8.70	9.24	8.95	8.90	8.30
97	S/D	6.20	S/D	S/D	S/D	3.50	3.50	3.96	S/D	8.60	10.00	S/D	4.30	9.50	7.80	9.80	8.30	9.75	9.26	8.76	8.00
107	S/D	1.21	2.20	1.32	2.15	1.69	2.00	1.92	1.52	2.70	2.20	S/D	1.52	2.10	1.92	2.16	2.05	3.00	2.35	2.30	1.80
112	S/D	2.40	1.00	1.75	1.90	1.56	1.36	1.58	1.06	1.53	1.30	S/D	1.06	1.19	2.55	2.65	1.95	2.76	2.68	2.10	2.20
113	S/D	2.30	2.70	2.30	2.50	2.10	2.25	2.10	2.40	2.65	2.60	S/D	2.40	2.30	2.45	2.80	2.20	2.30	3.20	2.90	S/D
114	S/D	0.70	1.00	0.80	1.30	0.38	0.90	0.70	0.55	0.13	1.05	S/D	0.55	0.85	1.00	1.70	0.95	2.00	1.50	0.90	1.00
122	S/D	1.70	1.30	1.10	1.05	0.75	1.00	1.10	1.25	0.75	1.20	S/D	1.25	1.00	1.00	1.05	1.00	1.20	1.10	0.65	1.00

... Continuación

IRHS	NIVEL ESTÁTICO																				
	Nov-80	May-98	Mar-99	Ago-99	Dic-99	May-00	Sep-00	Dic-00	Mar-01	Ago-01	Abr-02	Ago-02	Nov-02	Mar-03	Sep-03	Oct-04	Abr-05	Oct-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08
126	S/D	1.90	2.21	2.00	2.28	1.58	1.70	2.55	2.40	2.25	2.00	2.17	2.40	2.10	2.29	2.38	2.05	2.52	2.22	2.00	2.00
134	S/D	3.45	3.72	3.13	3.55	2.80	2.85	3.00	2.80	2.40	2.30	2.30	2.80	2.00	2.40	2.50	1.80	1.40	2.81	2.25	2.00
135	S/D	4.35	4.54	4.00	4.11	4.00	3.50	1.41	3.43	3.30	3.30	S/D	3.43	2.90	2.82	3.00	2.50	3.60	3.10	2.87	2.90
138	S/D	1.38	0.63	1.25	1.40	0.80	2.03	2.10	1.60	1.98	0.40	0.80	1.60	0.40	1.20	1.57	1.30	1.70	1.28	1.00	0.50
155	S/D	3.20	1.46	2.45	2.67	2.60	2.80	1.41	1.30	3.00	1.90	2.70	1.30	2.10	2.65	5.10	2.55	2.43	2.62	2.10	S/D
156	S/D	8.10	5.56	6.50	6.42	7.10	6.43	6.47	5.25	6.45	6.15	6.60	5.25	6.25	6.01	6.29	5.90	6.14	6.11	6.04	5.30
157	S/D	1.60	0.85	1.70	1.90	0.70	2.05	1.25	0.95	1.13	0.85	S/D	0.95	0.95	1.30	0.60	0.90	1.80	1.70	1.07	0.80
158	S/D	3.60	0.00	0.72	1.06	0.80	1.30	1.10	0.13	0.70	0.30	1.00	0.13	0.60	1.33	1.46	1.00	1.50	1.56	1.36	0.70
159	S/D	2.60	1.25	2.00	2.50	1.70	1.77	2.30	1.60	2.30	1.85	2.15	1.60	1.40	2.22	2.90	2.20	3.14	2.60	2.50	1.80
162	S/D	1.10	0.77	0.80	0.90	0.75	0.85	0.80	0.55	1.00	0.65	0.95	0.55	0.60	1.03	0.00	1.00	S/D	1.50	S/D	S/D
165	S/D	2.20	2.30	2.30	2.65	2.80	2.80	2.60	2.70	2.80	3.35	2.95	2.70	3.10	3.80	2.60	2.60	3.80	2.86	2.30	S/D

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Cuadro 45: Variación del nivel estático de la napa freática. Junta de Usuarios: Bella Unión

IRHS	NIVEL ESTÁTICO																					
	Nov-80	May-98	Mar-99	Ago-99	Dic-99	May-00	Sep-00	Dic-00	Mar-01	Ago-01	Abr-02	Ago-02	Nov-02	Mar-03	Sep-03	Oct-04	Abr-05	Oct-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08	
1	S/D	2.00	2.23	1.59	3.27	0.80	0.95	1.60	0.60	0.90	0.80	1.00	0.60	0.75	1.75	2.45	0.60	3.25	2.40	0.95	1.30	
7	5.85	5.30	7.90	5.76	7.83	3.57	4.10	4.86	1.95	1.80	1.95	2.20	1.95	1.65	3.20	5.00	3.40	6.90	5.80	3.70	3.90	
17	7.06	3.00	3.67	2.05	3.50	1.10	1.40	2.25	1.25	1.30	1.85	1.40	1.25	1.60	2.20	2.50	1.70	4.60	S/D	S/D	S/D	
21	8.74	2.90	4.82	3.90	5.38	1.47	1.83	2.83	1.15	1.20	1.10	1.40	1.15	1.10	2.88	3.70	2.00	4.65	3.52	2.50	2.10	
28	8.65	5.20	6.44	6.30	7.30	5.60	4.40	5.20	1.70	2.55	2.00	3.10	1.70	2.55	4.60	5.50	3.55	6.30	4.60	5.55	2.70	
29	15.15	12.20	14.55	12.70	13.70	12.07	9.65	11.15	8.25	8.00	8.85	S/D	8.25	9.05	8.40	9.65	8.75	10.30	10.55	9.75	8.30	
31	S/D	7.20	8.46	7.80	8.18	6.95	5.32	6.58	4.77	3.36	4.17	4.50	4.77	5.12	5.40	7.50	6.55	8.40	8.80	9.00	6.60	
39	S/D	6.00	7.90	6.85	8.40	5.22	5.17	7.53	4.20	4.30	5.00	7.10	4.20	4.90	6.60	8.20	6.55	9.00	14.20	13.80	12.80	
41	2.91	1.06	1.42	1.60	2.10	0.24	1.26	1.30	1.00	1.50	1.00	1.40	1.00	1.00	1.95	3.25	1.20	2.93	2.20	1.00	1.00	
42	5.74	4.50	5.70	4.50	5.50	3.11	3.25	3.90	2.50	2.70	3.20	3.10	2.50	3.15	4.22	4.70	3.95	5.00	4.90	4.20	4.10	
44	7.82	3.80	5.50	5.10	6.05	2.00	2.10	3.70	2.15	2.00	2.70	3.25	2.15	3.20	4.20	5.30	4.30	6.00	5.30	6.60	4.90	
50	2.17	2.30	4.53	3.50	4.72	1.20	1.95	2.05	0.60	0.95	1.25	S/D	0.60	0.90	3.70	4.80	2.05	5.90	4.27	3.25	2.20	
52	S/D	12.37	14.61	11.80	13.30	10.21	9.70	10.90	9.40	8.75	10.60	S/D	9.40	9.45	10.00	11.10	11.00	12.70	11.95	10.50	12.00	
59	2.20	4.40	1.80	1.70	2.00	2.20	2.50	3.15	2.15	2.73	2.15	S/D	2.15	1.15	2.14	2.44	2.60	S/D	3.10	4.35	2.70	
61	2.88	2.90	1.97	2.00	2.10	2.30	1.81	2.79	2.40	2.45	2.15	S/D	2.40	2.30	2.56	2.30	2.30	2.50	2.42	2.40	2.00	
72	S/D	5.32	23.18	21.74	22.00	18.70	19.00	18.70	9.50	15.80	19.50	18.40	19.00	18.70	17.00	18.85	19.05	19.94	21.50	20.00	20.60	
73	S/D	8.90	11.40	9.40	10.70	9.65	7.02	8.38	7.00	5.60	7.50	7.00	7.00	6.60	7.70	8.40	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	
75	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	11.18	11.00	11.85	10.80
88	S/D	6.20	seco	6.60	seco	5.27	6.52	7.55	8.00	7.25	4.83	4.95	8.00	7.05	5.48	S/D	seco	S/D	S/D	S/D	5.80	
94	S/D	12.00	14.65	13.00	13.27	10.53	9.55	10.65	10.15	9.20	11.15	10.50	10.15	11.55	10.53	11.70	12.00	16.00	11.50	15.50	12.00	
96	S/D	13.90	17.00	15.96	16.50	15.64	14.45	14.83	14.50	13.15	14.20	13.75	14.50	14.65	13.35	14.50	14.85	S/D	S/D	S/D	0.00	
100	S/D	8.90	10.00	9.12	9.75	7.54	6.80	8.00	6.90	6.10	7.10	7.50	6.90	7.65	7.50	9.05	7.75	9.33	8.94	7.95	8.20	
113	S/D	4.70	S/D	2.80	2.60	2.75	3.40	4.30	3.55	4.85	4.28	6.00	6.30									
118	S/D	8.20	9.55	9.95	9.95	9.07	7.45	8.65	8.00	7.15	8.00	7.27	8.00	8.30	6.60	8.60	8.10	8.35	8.28	7.60	8.05	
122	S/D	10.70	13.50	12.18	12.63	11.82	10.58	11.55	9.45	9.50	9.30	10.63	9.45	10.65	10.60	11.50	11.15	11.80	11.70	10.70	11.00	
125	S/D	11.70	13.80	12.46	13.60	14.87	14.00	13.50	11.70	8.60	10.50	9.48	11.70	10.40	9.57	10.55	9.85	11.70	10.80	10.00	10.30	
133	S/D	10.60	12.61	12.00	12.55	11.43	9.47	10.70	9.50	9.02	9.73	S/D	9.50	11.00	11.40	10.60	10.65	11.05	11.40	10.60	10.70	
135	S/D	10.80	11.93	10.65	11.50	10.00	8.83	9.57	8.70	7.60	8.90	8.37	8.70	8.55	8.43	10.05	9.30	11.00	10.35	10.50	9.60	
137	S/D	17.60	18.00	17.80	19.00	12.55	17.60	18.62	18.15	15.60	16.75	16.12	18.15	17.00	14.73	S/D	16.00	16.12	15.70	15.80	16.00	
147	S/D	3.30	4.71	3.68	6.00	2.50	3.10	2.65	2.25	3.40	1.95	S/D	2.25	2.50	4.80	5.60	2.40	6.91	5.85	5.80	3.50	
148	S/D	6.30	9.18	6.38	8.15	2.78	4.05	5.30	2.53	2.70	3.95	S/D	2.53	3.80	4.24	6.30	4.90	7.18	7.92	6.10	6.30	
150	S/D	8.15	10.57	7.70	9.05	6.00	4.93	6.12	2.67	2.17	2.00	2.40	2.67	0.85	3.60	4.20	4.00	7.65	6.98	5.10	5.00	

...Continuación

IRHS	NIVEL ESTÁTICO																				
	Nov-80	May-98	Mar-99	Ago-99	Dic-99	May-00	Sep-00	Dic-00	Mar-01	Ago-01	Abr-02	Ago-02	Nov-02	Mar-03	Sep-03	Oct-04	Abr-05	Oct-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08
152	S/D	3.50	5.95	4.00	5.30	3.20	2.65	4.00	2.20	2.55	3.70	3.32	2.20	3.75	4.74	1.50	4.50	7.70	7.50	6.00	5.00
155	S/D	2.30	3.65	2.00	5.00	1.05	1.58	1.60	1.20	1.40	1.15	1.70	1.20	1.00	4.10	5.75	1.60	7.37	6.50	4.25	2.50
157	S/D	1.50	3.54	1.16	3.60	0.55	0.88	1.60	0.75	0.97	0.95	S/D	0.75	1.10	2.60	4.40	2.55	8.14	5.15	4.50	2.50
160	S/D	2.57	5.26	2.70	7.60	0.20	1.20	4.00	1.30	1.34	3.60	2.50	1.30	1.70	4.50	9.00	2.70	9.80	6.00	5.80	7.80
161	S/D	13.90	13.88	13.00	14.25	12.55	11.65	13.25	12.30	12.53	11.75	11.75	12.30	12.30	11.72	12.40	10.70	13.20	13.10	10.90	11.00
165	S/D	12.00	4.35	3.08	5.20	0.80	1.90	2.83	0.50	2.25	0.80	2.25	0.50	1.00	4.00	4.80	2.40	5.80	S/D	S/D	S/D
166	S/D	2.80	2.97	1.90	3.05	1.38	1.45	2.17	1.65	1.40	1.55	1.70	1.65	2.00	3.10	3.20	2.20	4.87	5.00	6.10	1.90
167	S/D	2.35	4.00	3.65	5.85	2.10	2.60	2.95	2.48	3.05	2.75	2.35	2.48	2.25	5.38	6.00	2.25	7.26	4.20	4.60	1.50
169	S/D	4.00	S/D	5.60	3.75	2.60															
170	S/D	14.76	17.92	15.30	13.60	12.68	13.50	14.07	11.80	12.50	14.05	11.80	11.80	14.00	12.70	16.00	15.45	17.39	24.90	17.20	16.70
175	S/D	14.80	17.27	13.37	15.85	11.26	11.28	12.50	9.10	11.30	11.55	11.70	9.10	9.55	9.55	13.65	7.85	15.73	12.99	13.35	13.90
179	S/D	1.30	4.00	1.80	2.15	0.35	0.46	5.50	0.23	0.22	0.63	0.58	0.23	0.38	1.74	1.35	0.75	2.30	1.72	S/D	S/D
182	S/D	2.20	5.84	2.48	6.28	0.45	1.15	2.50	0.30	0.45	1.03	1.15	0.30	0.65	1.94	4.00	1.80	7.30	6.48	2.80	S/D
183	S/D	2.45	4.12	2.00	2.83	0.63	1.50	2.00	0.40	1.80	0.88	S/D	0.40	0.90	3.54	3.80	1.40	4.60	4.20	2.30	1.90
184	S/D	4.45	7.70	2.30	5.50	0.23	1.80	3.62	0.75	2.25	1.30	2.20	0.75	0.85	5.20	6.90	1.30	8.10	7.00	2.45	3.00
185	S/D	3.60	3.38	3.85	4.03	3.17	2.75	4.10	2.70	2.70	2.95	2.50	2.70	2.40	2.80	3.00	2.00	3.10	2.95	n	2.40
192	S/D	3.20	4.82	4.20	6.00	2.00	2.22	3.50	2.47	2.00	3.07	S/D	2.47	1.80	3.60	4.75	2.40	6.00	5.20	5.00	4.30
193	S/D	1.40	2.62	1.30	3.70	0.90	1.25	2.15	1.00	1.00	1.30	S/D	1.00	0.90	2.56	4.10	1.80	5.75	4.40	4.80	2.50
198	S/D	14.40	29.55	14.37	14.39	16.50	11.45	15.80	7.15	7.55	21.00	16.20	7.15	23.10	14.00	14.30	26.00	29.05	28.40	13.50	11.20
199	S/D	1.95	3.62	2.00	5.20	1.45	1.30	3.86	1.23	1.48	5.80	S/D	1.23	2.05	3.80	5.30	0.45	6.00	4.00	0.60	0.70
201	S/D	1.70	3.68	2.80	4.80	1.20	2.10	2.85	1.00	1.85	3.50	1.70	1.00	1.75	3.30	S/D	1.30	S/D	S/D	S/D	1.10
203	S/D	3.20	S/D	2.32	5.15	1.10	1.75	1.40	1.10	1.10	3.20	2.00	1.45	1.65	3.80	4.95	3.30	5.55	S/D	S/D	S/D
210	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	18.60	17.70	S/D

Fuente: ATDR-AYP, 2007.

Anexo Nº 3: Conductividad eléctrica (CE). Distrito: Acarí

Cuadro 46: Variación de la conductividad eléctrica del agua subterránea. Junta de Usuarios: Acarí

IRHS	Temperatura medida en campo (C°)				Factor de corrección (f _i)				CE Corregida (mmhos/cm)			
	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08
1	27.4	23	29.2	29.3	0.953	1.043	0.921	0.920	1.125	1.085	0.958	1.030
2	27.5	23	29.2	29.2	0.952	1.043	0.921	0.921	3.273	3.108	2.579	2.772
4	26.3	24.2	29.0	28.9	0.973	1.016	0.925	0.927	1.479	1.788	1.582	1.604
5	26.2	24.0	29.7	28.1	0.975	1.020	0.913	1.882	1.092	1.183	0.995	2.013
12	27.0	24.2	28.9	29.2	0.960	1.016	0.927	0.921	2.170	1.125	1.125	1.870
18	26.8	23.9	29.0	28.9	0.964	1.023	0.925	0.927	1.812	2.209	3.099	2.549
19	27.0	24.1	27.3	28.8	0.960	0.960	0.955	0.929	2.112	2.093	2.272	1.839
20	27.5	23.7	29.3	28.8	0.952	0.955	0.920	0.929	2.531	2.157	2.253	2.081
30	27.3	27.1	29.8	29.3	0.955	0.958	0.911	0.920	1.125	3.027	3.598	2.979
31	27.3	25.5	29.0	29.1	0.955	0.990	0.925	0.923	3.894	8.633	8.223	2.104
33	28.0	24.9	28.5	29.5	0.943	1.002	0.934	0.916	4.102	10.641	10.517	10.955
34	27.2	27.2	29.0	27.7	0.956	0.956	0.925	0.949	5.545	7.017	4.699	6.203
44	26.8	23.9	29.8	28.9	0.964	1.023	0.911	0.975	0.771	0.716	0.738	0.614
53	27.8	24.7	29.8	29.3	0.947	1.006	0.911	0.920	1.809	2.817	2.095	2.225
61	25.1	23.9	29.0	29.4	0.998	1.023	0.925	0.918	2.056	1.432	1.323	1.414
62	27.0	23.8	29.2	29.3	0.960	1.025	0.921	0.920	6.134	5.002	4.034	4.009
68	26.4	24.3	28.1	28.9	0.971	1.014	0.942	0.975	1.457	1.318	2.015	2.077
75	25.9	23.8	29.3	27.7	0.981	1.025	0.920	0.949	6.298	6.458	5.802	6.080
88	27.1	23.9	29.2	29.8	0.958	1.023	0.921	0.911	0.939	1.043	0.829	5.840
91	26.7	S/D	S/D	S/D	0.966	S/D	S/D	S/D	2.105	S/D	S/D	S/D
96	26.9	23.6	27.2	29.2	0.962	1.029	0.956	0.921	1.732	2.408	2.753	2.137
103	27.2	24.1	29.1	29.1	0.956	1.014	0.923	0.923	3.499	3.306	3.000	2.797
107	25.5	23.8	28.9	29.4	0.990	1.025	0.975	0.918	2.515	2.829	2.876	2.892
109	24.2	26.9	29.5	28.2	1.016	0.962	0.916	0.940	3.881	5.156	5.542	4.559
110	27.1	26.7	28.8	29.4	0.958	0.966	0.929	0.918	3.650	3.032	2.499	1.965
112	27.4	23.8	29.6	28.0	0.953	1.025	0.914	0.943	2.687	3.547	2.751	2.150
114	25.6	23.8	29.6	S/D	0.998	1.025	0.914		8.723	7.155	3.958	S/D
119	27.1	25.1	29.7	28.8	0.958	0.998	0.913	0.929	6.495	12.295	11.707	11.027
123	27.2	26.2	28.9	29.1	0.956	0.975	0.975	0.923	3.767	5.129	1.336	3.507

Fuente: ATDR-AYP,2007.

Cuadro 47: Variación de la conductividad eléctrica del agua subterránea. Junta de Usuarios: Bella Unión

IRHS	Temperatura medida en campo (C°)				Factor de corrección (f _i)				CE Corregida (mmhos/cm)			
	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08
1	27.0	23.8	30.4	21.1	0.960	1.025	0.901	1.085	1.757	1.476	1.568	1.800
7	26.9	23.2	29.2	21.9	0.962	1.038	0.921	1.066	1.520	1.785	1.483	1.684
14	27.2	23.8	28.8	22.7	0.956	1.047	0.929	1.049	0.784	1.885	1.375	1.920
16	27.7	23.5	30.1	22.7	0.949	1.032	0.906	1.049	1.556	1.898	1.684	1.920
17	28.3	S/D	S/D	S/D	0.938	S/D	S/D	S/D	3.049	S/D	S/D	S/D
18	26.0	24.2	28.8	21.1	0.979	1.016	0.929	1.085	1.361	1.666	1.328	1.594
21	26.0	24.1	28.7	21.7	0.979	0.931	0.071	1.071	1.057	1.154	0.080	1.124
23	26.9	23.8	28.7	20.7	S/D	0.931	0.095	1.095	S/D	1.917	0.176	1.959
29	25.0	24.1	28.7	21.2	1.000	0.931	1.082	1.082	1.020	1.731	1.504	1.114
31	27.5	22.7	28.9	21.6	0.952	1.049	0.927	1.073	3.007	2.895	3.124	3.992
37	28.4	24.0	29.5	21.3	0.936	1.020	0.916	1.080	5.756	5.039	2.528	7.279
40	28.6	24.5	29.2	21.1	0.932	1.010	0.921	1.085	2.265	2.646	2.275	2.267
41	25.9	24.4	29.4	21.3	0.981	1.012	0.918	1.080	3.237	3.198	3.268	17.107
44	25.5	22.0	30.4	20.7	0.990	1.064	0.901	1.095	1.505	1.298	1.216	1.138
47	27.2	23.4	29.0	20.8	0.956	1.034	0.925	1.092	1.338	2.854	1.628	2.370
50	26.0	21.8	29.1	21.6	0.979	1.068	0.923	1.073	2.027	2.157	1.108	2.071
59	22.3	24.3	28.7	23.7	1.036	1.014	0.931	1.027	8.267	8.477	7.370	7.877
61	22.0	24.3	28.8	23.7	1.064	1.014	0.929	1.027	1.702	2.048	1.709	2.064
69	27.2	23.3	30.5	21.3	0.956	1.036	0.899	1.080	1.434	1.906	1.609	1.490
72	26.7	23.4	28.8	21.3	0.966	1.034	0.929	1.080	2.076	2.730	2.313	2.484
73	27.8	23.5	29.4	S/D	0.947	1.032	0.918	S/D	2.405	2.311	1.239	S/D
75	28.9	24.1	29.1	22.2	0.927	1.018	0.923	1.060	1.233	1.303	1.274	1.367
85	28.0	24.2	28.7	21.5	0.943	1.016	0.931	1.076	1.311	1.219	0.716	1.065
88	S/D	S/D	S/D	21.0	S/D	S/D	S/D	1.087	S/D	S/D	S/D	2.217
96	25.2	S/D	S/D	S/D	0.996	S/D	S/D	S/D	1.484	S/D	S/D	S/D
100	27.9	22.5	28.7	21.2	0.945	1.053	0.931	1.082	1.210	1.916	1.545	1.807
102	28.2	23.2	29.8	21.5	0.940	1.038	0.911	1.076	1.476	1.619	1.394	1.764
113	25.1	22.4	29.0	21.7	0.998	1.055	0.925	1.071	1.986	2.870	1.785	2.152

...Continuación

IRHS	Temperatura medida en campo (C°)				Factor de corrección (f _i)				CE Corregida (mmhos/cm)			
	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08	Abr-05	Nov-06	Feb-07	Mar-08
118	25.9	S/D	29.0	21.5	0.981	S/D	0.925	1.076	2.413	S/D	1.489	2.882
122	25.9	26.8	29.6	21.3	0.981	0.964	0.914	1.080	1.010	1.003	1.170	0.929
124	25.9	22.8	29.5	21.0	0.981	1.047	0.916	1.087	1.265	1.508	1.053	0.859
126	25.5	22.4	29.3	21.4	0.990	1.055	0.920	1.078	0.832	1.161	0.883	1.056
133	26.9	26.9	29.4	21.2	0.962	0.962	0.918	1.082	1.116	1.135	1.212	1.526
135	27.2	26.6	29.2	21.5	0.956	0.967	0.921	1.076	0.966	1.044	1.068	1.172
137	25.7	27.2	29.3	21.0	0.986	0.956	0.920	1.087	0.798	1.415	0.892	1.033
139	26.1	21.9	30.4	22.4	0.977	1.066	0.901	1.055	3.439	3.987	3.208	3.060
144	28.5	22.0	30.6	21.0	0.934	1.064	0.897	1.087	5.427	5.065	4.620	4.250
150	28.2	22.0	29.6	21.2	0.940	1.064	0.914	1.082	1.965	2.341	1.371	2.056
155	27.1	21.6	29.8	21.1	0.958	1.073	0.911	1.085	2.567	2.575	1.476	2.657
157	27.6	21.8	29.8	20.0	0.950	1.068	0.911	1.112	3.544	3.631	3.170	3.914
160	28.0	21.9	29.5	20.5	0.943	1.066	0.916	1.100	2.169	3.390	2.601	2.452
161	27.1	21.9	30.1	20.8	0.958	1.066	0.906	1.092	2.903	3.902	2.345	3.287
166	26.1	23.0	29.4	21.6	0.977	1.043	0.918	1.073	2.511	3.108	2.525	2.768
167	26.5	21.6	29.7	20.3	0.969	1.073	0.913	1.105	3.149	2.961	2.400	2.872
169	28.4	23.4	29.7	20.5	0.936	1.034	0.913	1.100	2.452	2.833	2.108	2.595
170	25.0	21.7	29.4	21.0	1.000	1.071	0.918	1.087	2.950	3.233	4.122	3.413
175	25.4	21.9	29.7	22.5	0.977	1.066	0.913	1.053	1.329	1.066	0.913	0.642
179	28.1	21.9	S/D	S/D	0.977	1.066	S/D	S/D	5.618	4.456	S/D	S/D
180	24.6	21.9	S/D	S/D	0.977	1.066	S/D	S/D	2.892	3.305	S/D	S/D
183	28.6	22.0	29.7	21.0	0.932	1.064	0.913	1.087	2.777	3.192	3.057	3.098
184	25.6	21.8	29.7	21.2	0.988	1.068	0.913	1.082	0.435	2.371	0.593	1.082
185	25.5	21.5	29.5	20.6	0.990	1.076	0.916	1.097	5.000	5.958	2.931	3.050
192	27.8	23.0	29.3	21.1	0.947	1.043	0.920	1.085	2.614	2.816	2.446	2.820
198	26.4	21.7	28.4	S/D	0.971	1.071	0.936	S/D	2.962	3.939	3.201	S/D
199	28.1	22.0	29.3	20.0	0.942	1.064	0.920	1.112	3.408	6.044	3.062	3.636
210	27.8	21.3	29.5	S/D	0.947	1.080	0.916	S/D	1.733	2.592	4.113	S/D

Fuente: ATDR-AYP,2007.

Anexo Nº 4: Encuesta sobre el conocimiento, uso y conservación del recurso hídrico subterráneo

Nº de Encuesta	
Distrito	
Datos Personales	
Lugar de Residencia	
Sexo	
Nacionalidad	
Estado civil	

(1) ¿Cuál es su edad?

- 11 - 15 16 - 20 21 - 25 26 - 30 31 - 35
 36 - 40 41 - 45 46 - 50 51 - 55 56 - 60
 61 en adelante

(2) ¿Cuál es su nivel más alto de escolaridad?

- Primaria Secundaria Educación de Adultos Universidad
 Ninguna Educación Otro _____

(3) ¿Cuál es su profesión u Oficio?

- Agricultor Pensionado Comerciante
 Transportista terrestre Empleado Olivicultor Maestro
 Empleado del Gobierno Ganadero Estudiante
 Hotelero Ama de Casa
 Desempleado Otro _____

(4) ¿Considera que los recursos naturales son importantes?

- Si No

(5) ¿Considera al agua subterránea como un recurso natural?

- Si No

(6) ¿Considera que el agua subterránea es un recurso natural renovable?

- Si No

(7) ¿Qué entiende usted por contaminación del agua?

(8) ¿Considera que el agua subterránea es un recurso natural que se puede contaminar?

- Si No No sabe

¿Por qué? _____

(9) ¿Qué puede hacer usted para evitar la contaminación del agua subterránea?

(10) ¿Cuál es el uso que usted le da al agua subterránea?

Como fuente de agua potable uso industrial Uso agrícola
 Uso pecuario Otro _____

(11) ¿Qué tan importante es para usted el agua subterránea?

Bastante Regular Un poco Nada

(12) ¿Es usted dependiente del agua subterránea?

Si No

(13) ¿Cuál es su fuente de agua para riego?

Río Acarí
 Agua subterránea
 Otro _____

(14) ¿Quién es la Autoridad Local de Aguas?

(15) ¿A Qué Comisión de Regantes pertenece usted?

(16) ¿Cuenta usted con pozo de agua?

Si No

(17) De contar con pozo de agua ¿En qué condición se encuentra?

Utilizado No Utilizado Utilizable

¿Por qué? _____

(17.1) ¿Cuál es el IRHS del pozo?

(17.2) ¿Con que frecuencia lo utiliza?

(17.3) ¿Cuál es el volumen de agua que extrae en litros por segundo del pozo?

(17.4) ¿Cuánto le cuesta extraer el agua subterránea en Nuevos Soles ?

(17.5) ¿Con que tipo de bomba y fuente de energía utiliza?

(17.6) ¿Cuenta usted con algún tipo de permiso, autorización o licencia otorgada por la Autoridad Local de Aguas para el uso del agua subterránea?

Si No No sabe

(18) ¿Cuenta usted con algún sistema de riego que mejore la eficiencia del uso del agua subterránea?

Si No ¿Cuál? _____

¿Por qué? _____

(19) ¿Cómo habitante de esta región, en los últimos seis meses que hizo para conservar el recurso hídrico subterráneo?

Mejoré la eficiencia del equipo de bombeo

Cuidé de no contaminar el acuífero

Aconsejé a otros que no explotaran el recurso indiscriminadamente

Participé en actividades de capacitación relativo al recurso

Averigüé sobre alternativas de mejora de explotación del recurso

No hice nada

Otro _____

(20) ¿En qué estado considera usted que se encuentra el agua subterránea como recurso natural

Bien conservado Conservado Muy Deteriorado Deteriorado

Amenazado Otro _____ No sabe

(21) En su opinión quien es responsable por mantener la calidad y asegurar la cantidad del agua subterránea?

El Gobierno La Autoridad de Aguas Ambos Uno mismo
 Todos Nadie No sabe

(22) ¿Qué es más importante para usted la calidad o la cantidad del agua subterránea?

Calidad Cantidad Ambos Ninguno No sabe

(23) ¿Qué tan importante es para usted que se proteja el agua subterránea como recurso hídrico?

Muy importante Algo Importante No es Importante No sabe

(24) ¿Usted está interesado en participar como voluntario en actividades de protección para conservar la calidad del agua subterránea?

Si estoy muy interesado Si estoy algo interesado No, no estoy interesado No sabe

(25) ¿Qué entiende usted por manejo sostenible de un recurso natural?

(26) ¿Qué tan importante es el manejo sostenible de los recursos naturales?

Muy importante Algo Importante No es Importante No sabe

Anexo N° 5: Entrevista sobre el conocimiento, uso y conservación del recurso hídrico subterráneo a personal del Gobierno Local, Autoridad Local de Aguas, Directores de Instituciones Educativas, y Policía Nacional.

La entrevista ha sido efectuada al personal que labora o que tiene a su cargo un puesto en alguna dependencia del estado, el cual le permite la toma de decisiones respecto al uso de los recursos hídricos subterráneos y/o están dedicados a la salvaguarda de los recursos naturales, así como de hacer cumplir las leyes vigentes.

El contenido general de la cada entrevista siguió se realizó en base a las siguientes preguntas:

- (1) ¿Considera que los recursos naturales son importantes?
- (2) ¿Qué conocimiento tiene usted acerca del agua subterránea?
- (3) ¿Cree usted el recurso hídrico subterráneo se puede agotar?
- (4) ¿Cree usted el recurso hídrico subterráneo se puede contaminar?
- (5) Como personal a cargo de velar por el correcto cumplimiento de la Ley de Aguas vigente,
¿Revive usted algún tipo de entrenamiento respecto al manejo y conservación del recurso hídrico subterráneo?
- (6) ¿Destinan parte de su presupuesto a campañas informativas respecto al uso adecuado de los recursos hídricos subterráneos?
- (7) En cuanto al manejo y conservación del recurso hídrico subterráneo ¿se ha realizado alguna campaña informativa o de divulgación del conocimiento respecto al uso manejo y conservación del recurso?
- (8) ¿Entiende usted a que se refiere el manejo sostenible de los recursos naturales, y en especial de las aguas subterráneas?

Anexo Nº 6: Campaña agrícola

Cuadro 48: Campaña agrícola en el valle de Acarí. Período 2004 - 2008

Junta de Usuarios	Cultivos	Campaña Agrícola 2004-2005					Campaña Agrícola 2005-2006				
		Area Sembrada (Ha)	Area Cosechada (Ha)	Rendimiento (Kg/Ha)	Producción (Tn)	Precio Promedio en campo (S/.xKg)	Area Sembrada (Ha)	Area Cosechada (Ha)	Rendimiento (Kg/Ha)	Producción (Tn)	Precio Promedio en campo (S/.xKg)
Acarí	Alfalfa	374	374	5560	2079.44	0.09	392	392	5560	2179.52	0.09
	Olivo	386	386	4316	1665.98	2.3	464	464	3732	1731.65	2.3
	Maíz amarillo duro	50	50	7816	390.8	0.52	159	159	7855	1248.95	0.52
	Frijol	15	15	2132	31.98	2.8	135	135	2380	321.3	2.8
	Papa	60	60	25375	1522.5	0.6	128	128	25710	3290.88	0.6
	Algodón	560	560	2760	1545.6	2.17	222	222	2150	477.3	2.17
	Subtotal	1445	1445		7236.3		1500	1500		9249.6	
Bella Unión	Alfalfa	196	196	6130	1201.48	0.09	199	199	5850	1164.15	0.09
	Olivo	1226	1226	6712	8228.91	2.2	1566	1566	5550	8691.3	2.3
	Maíz amarillo duro	182	182	7813	1421.97	0.53	188	188	8790	1652.52	0.5
	Frijol	490	490	1810	886.9	3.3	685	685	2560	1753.6	2.5
	Papa	48	48	25310	1214.88	0.4	20	20	28210	564.2	0.5
	Algodón	114	114	1632	186.05	2.1	151	151	1840	277.84	2.17
	Subtotal	2256	2256		13140.19		2809	2809		14103.61	
Total en Valle	3701	3701		20376.49		4309	4309		23353.21		
Junta de Usuarios	Cultivos	Campaña Agrícola 2006-2007					Campaña Agrícola 2007-2008				
		Area Sembrada (Ha)	Area Cosechada (Ha)	Rendimiento (Kg/Ha)	Producción (Tn)	Precio Promedio en campo (S/.xKg)	Area Sembrada (Ha)	Area Cosechada (Ha)	Rendimiento (Kg/Ha)	Producción (Tn)	Precio Promedio en campo (S/.xKg)
Acarí	Alfalfa	389	389	5316	2067.92	0.09	384	384	6385	2451.84	0.1
	Olivo	474	474	5720	2711.28	2.5	496	496	10360	5138.56	0.8
	Maíz amarillo duro	155	155	7755	1202.03	1	97	97	8310	806.07	1
	Frijol	30	30	2507	75.21	2.6	50	50	2310	115.5	3.3
	Papa	103	103	30120	3102.36	0.38	76	76	33190	2522.44	0.63
	Algodón	571	571	2760	1575.96	2.75	407	407	2990	1216.93	2.93
	Subtotal	1722	1722		10734.76		1510	1510		12251.34	
Bella Unión	Alfalfa	159	159	6350	1009.65	0.09	143	143	6810	973.83	0.1
	Olivo	1566	1566	5810	9098.46	2.5	1569	1569	10785	16921.67	0.8
	Maíz amarillo duro	135	135	8110	1094.85	0.73	73	73	7939	579.55	1
	Frijol	524	524	2380	1247.12	2.78	881	881	2230	1964.63	4.3
	Papa	20	20	30130	602.6	0.6	2	2	28310	56.62	0.6
	Algodón	75	75	2300	172.5	2.78	102	102	1930	196.86	2.17
	Subtotal	2479	2479		13225.18		2770	2770		20693.16	
Total en Valle	4201	4201		23959.94		4280	4280		32944.5		

Fuente: Agencia Agraria Caravelí.

Cuadro 49: Superficie sembrada en el valle de Acarí. Junta de Usuarios: Acarí. Período 2008 – 2009

CULTIVOS	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Total
JUNTA DE USUARIOS : SUBDISTRITO DE RIEGO ACARÍ - COMISION DE REGANTES: CHAVIÑA													
Canal: CD CHAVIÑA													
ALFALFA SAN PEDRANA	15.53								2.52				18.05
ALGODON TANGUIS	44.50												44.50
CAMOTE BLANCO						2.00							2.00
CEBOLLA AREQUIPEÑA					3.00	4.00	1.00						8.00
FRIJOL VARIOS						1.50							1.50
LEGUMINOSAS VARIOS	2.00												2.00
MAIZ HIBRIDO	10.00					6.00	6.00						22.00
OLIVO SEVILLANA	34.80												34.80
ZAPALLO MACRE		1.00											1.00
Sub Total	106.83	1.00	0.00	0.00	3.00	13.50	7.00	0.00	2.52	0.00	0.00	0.00	133.85
JUNTA DE USUARIOS : SUBDISTRITO DE RIEGO ACARÍ - COMISION DE REGANTES: ACARÍ BAJO													
Canal: CD MUNCHER SANTA TERESA													
ALFALFA SAN PEDRANA	59.25			4.00			4.40						67.65
ALGODON TANGUIS	11.60	5.20	4.20	0.80									21.80
ARVEJON GRANO VERDE	2.00												2.00
FRIJOL VARIOS							8.25	13.98					22.23
FRUTALES VARIOS	1.00												1.00
MAIZ HIBRIDO	2.00		2.00			9.80	15.85	2.00					31.65
OLIVO SEVILLANA	156.70	1.00										8.50	166.20
PAPA CANCHAN								3.00					3.00
SUBTOTALES	232.55	6.20	4.20	6.80	0.00	9.80	28.50	18.98	0.00	0.00	0.00	8.50	315.53
Canal: CD TAMBO VIEJO													
ALFALFA SAN PEDRANA	10.70	1.50											12.20
ALGODON TANGUIS		9.52	3.20	0.80									13.52
MAIZ HIBRIDO			3.50	1.49	2.00	1.00							7.99
OLIVO SEVILLANA	16.00												16.00
SUBTOTALES	26.70	11.02	6.70	2.29	2.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	49.71
Canal: CD CERRO COLORADO													
ALGODON TANGUIS				3.20									3.20
OLIVO SEVILLANA	3.00												3.00
SUBTOTALES	3.00	0.00	0.00	3.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20
Canal: CD LUNGUMARI													
OLIVO SEVILLANA	1.76												1.76
SUBTOTALES	1.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.76
Sub Total	264.01	17.22	10.90	12.29	2.00	10.80	28.50	18.98	0.00	0.00	0.00	8.50	373.20

JUNTA DE USUARIOS : SUBDISTRITO DE RIEGO ACARÍ - COMISION DE REGANTES: ACARÍ PUEBLO													
Canal: CD CASCAJAL													
ALFALFA SAN PEDRANA	12.81							3.58					16.39
ALGODON TANGUIS	0.8	23.632	74.412	10.4									109.24
FRUTALES VARIOS	0.17												0.17
MAIZ HIBRIDO	3.50	7.01	8.50		21.84		2.50						43.35
OLIVO SEVILLANA	52.34												52.34
PAPA CANCHAN	4.60							14.10					18.70
Sub Total	74.22	30.64	82.91	10.40	21.84	0.00	2.50	17.68	0.00	0.00	0.00	0.00	240.19
JUNTA DE USUARIOS : SUBDISTRITO DE RIEGO ACARÍ - COMISION DE REGANTES: CHOCAVENTO													
Canal: L-01 CHOCAVENTO													
ALFALFA SAN PEDRANA	41.40	3.00	4.00	2.50				3.30	0.70				54.90
ALGODON TANGUIS	10.64	10.40	59.76	100.11									180.91
FRIJOL VARIOS							5.50						5.50
FRUTALES VARIOS	5.30												5.30
MAIZ CHOCLO								0.30					0.30
MAIZ HIBRIDO						95.86							95.86
OLIVO SEVILLANA	121.94	2.00	1.50	8.50									133.94
PAPA CANCHAN								2.00					2.00
SUBTOTALES	179.28	15.40	65.26	111.11	0.00	95.86	5.50	5.60	0.70	0.00	0.00	0.00	478.71
Sub Total	179.28	15.40	65.26	111.11	0.00	95.86	5.50	5.60	0.70	0.00	0.00	0.00	478.71
JUNTA DE USUARIOS : SUBDISTRITO DE RIEGO ACARÍ - COMISION DE REGANTES: EL MOLINO													
Canal: CD ACARÍ BELLA UNIÓN													
ALFALFA SAN PEDRANA	11.80												11.80
ALGODON TANGUIS	4.00	22.52	5.20										31.72
CAMOTE BLANCO	0.5												0.50
FRUTALES VARIOS	5.80												5.80
HORTALIZAS VARIOS	0.50							0.50					1.00
LEGUMINOSAS VARIOS	1.00												1.00
MAIZ HIBRIDO	5.70			5.00	8.50	7.70	1.20						28.10
OLIVO SEVILLANA	144.40	6.10	5.80										156.30
PAPA CANCHAN								4.00					4.00
ZAPALLO MACRE	2.00												2.00
SUBTOTALES	175.70	28.62	11.00	5.00	8.50	7.70	1.20	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	242.22
Canal: CD LUCASI													
ALFALFA SAN PEDRANA	8.20												8.20
ALGODON TANGUIS		1.28											1.28
MAIZ HIBRIDO	8.50	3.50		2.00	6.40	11.80							32.20
OLIVO SEVILLANA	12.00	0.50											12.50
PAPA CANCHAN	11.60												11.60
SUBTOTALES	40.30	5.28	0.00	2.00	6.40	11.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.78
Sub Total	216.00	33.90	11.00	7.00	14.90	19.50	1.20	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	308.00

JUNTA DE USUARIOS : SUBDISTRITO DE RIEGO ACARI - COMISION DE REGANTES: HUARATO AMATO-VISIJA

Canal: CD HUMAROTE													
ALFALFA SAN PEDRANA	8.08												8.08
ALGODON TANGUIS	4.60												4.60
FRIJOL VARIOS								9.50					9.50
FRUTALES VARIOS	1.36												1.36
MAIZ HIBRIDO	9.18		13.75			1.50	0.50						24.93
OLIVO SEVILLANA	1.00												1.00
PAPA CANCHAN								8.18					8.18
SUBTOTALES	24.22	0.00	13.75	0.00	0.00	1.50	8.68	9.50	0.00	0.00	0.00	0.00	57.65
Canal: CD HUARATO													
ALFALFA SAN PEDRANA	19.68												19.68
ALGODON TANGUIS	1.00												1.00
FRIJOL VARIOS		10.00						16.77	5.50				32.27
FRUTALES VARIOS	1.00								0.54				1.54
MAIZ HIBRIDO	3	15.00	19.27						1.00				38.27
OLIVO SEVILLANA	12.00		8.50										20.50
SUBTOTALES	36.68	25.00	27.77	0.00	0.00	0.00	0.00	16.77	7.04	0.00	0.00	0.00	113.26
Canal: CD VISIJA													
ALFALFA SAN PEDRANA	8.71												8.71
ALGODON TANGUIS	1.00												1.00
FRIJOL VARIOS								1.75					1.75
MAIZ HIBRIDO	2.23												2.23
OLIVO SEVILLANA	1.00												1.00
SUBTOTALES	12.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	14.69
Canal: CD SANTA ROSA													
ALFALFA SAN PEDRANA	2.90												2.90
FRIJOL VARIOS								2.25					2.25
FRUTALES VARIOS	0.50												0.50
HORTALIZAS VARIOS								0.36					0.36
MAIZ HIBRIDO		2.25	2.00					1.00					5.25
PAPA CANCHAN								2.00					2.00
TUNA BLANCA	0.25												0.25
SUBTOTALES	3.65	2.25	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.61	0.00	0.00	0.00	0.00	13.51
Canal: CD AMATO													
ALFALFA SAN PEDRANA	10.86												10.86
ALGODON TANGUIS	12.75	2.00											14.75
FRUTALES VARIOS	0.75												0.75
MAIZ HIBRIDO	2.50		6.96			3.83	2.80						16.09
OLIVO SEVILLANA	0.50												0.50
PAPA CANCHAN								7.66					7.66
SUBTOTALES	27.36	2.00	6.96	0.00	0.00	3.83	2.80	7.66	0.00	0.00	0.00	0.00	50.61
Sub Total	104.85	29.25	50.48	0.00	0.00	5.33	11.48	41.29	7.04	0.00	0.00	0.00	249.72
Total	945.19	127.41	220.55	140.8	41.74	144.99	56.18	88.05	10.26	0.00	0.00	8.5	1783.67

Cuadro 50: Superficie sembrada en el valle de Acarí. Junta de Usuarios: Bella Unión. Período 2008 - 2009

CULTIVOS	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Total
Canal: L - 01 LATERAL 01													
ALFALFA CARAVELI	12.98					1.00		3.50					17.48
ALGODON TANGUIS					4.00	6.00							10.00
ARVEJA GRANO VERDE COMUN								2.00					2.00
FRIJOL GRANO SECO CANARIO VARIOS							4.00	116.63	3.00				123.63
FRUTALES VARIOS	2.00												2.00
MAIZ AMARILLO DURO HIBRIDO	3.00					5.00	38.36	19.80					66.16
OLIVO SEVILLANA	453.82					20.00							473.82
PAPA CANCHAN VARIOS								1.00					1.00
TARA TARA	23.30												23.30
Sub Total	495.10	0.00	0.00	0.00	4.00	32.00	42.36	142.93	3.00	0.00	0.00	0.00	719.39
Canal: L - 01 LATERAL 02													
AJÍ- PAPRIKA PAPRIKA					5.70								5.70
ALFALFA CARAVELI	19.22				1.00	0.50	2.00	6.30					29.02
ALGODON TANGUIS					66.05	12.50		2.40					80.95
CEBOLLA AREQUIPEÑA PERILLA						2.50							2.50
FRIJOL GRANO SECO CANARIO VARIOS						16.50	291.33	8.88					316.71
FRUTALES VARIOS	15.00												15.00
MAIZ AMARILLO DURO HIBRIDO						79.32	6.00						85.32
MAIZ CHOCLO						1.50							1.50
OLIVO SEVILLANA	324.69					2.19							326.88
PAPA CANCHAN VARIOS								2.00					2.00
TARA TARA	20.00												20.00
Sub Total	378.91	0.00	0.00	0.00	72.75	115.01	299.33	19.58	0.00	0.00	0.00	0.00	885.58
Canal: L - 01 LATERAL 03													
ALFALFA CARAVELI	30.44				5.00	3.00	3.50	4.25					46.19
ALGODON TANGUIS						5.79							5.79
FRIJOL GRANO SECO CANARIO VARIOS	3.00						271.91	3.00					277.91
FRUTALES VARIOS	0.50					0.50							1.00
MAIZ AMARILLO DURO HIBRIDO						100.27	3.50	1.20					104.97
MAIZ CHOCLO						3.00							3.00
OLIVO SEVILLANA	837.46	3.00			15.26	1.70							857.42
Sub Total	871.40	3.00	0.00	0.00	20.26	114.26	278.91	8.45	0.00	0.00	0.00	0.00	1,296.28
Total	1,745.41	3.00	0.00	0.00	97.01	261.27	620.60	170.96	3.00	0.00	0.00	0.00	2,901.25

Fuente: ATDR-AYP. Plan de Cultivo y Riego del Sub Distrito de Riego Acarí –Yauca. 2008-2009