

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“MEDIDAS PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA Y OFERTA DE  
RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO LURÍN”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL  
PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA**

**EDWIN LOIS ZUTA GABRIEL**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**

**“MEDIDAS PARA LA GESTIÓN DE LA DEMANDA Y OFERTA DE  
RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO LURÍN”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRÍCOLA**

Presentado por:

**EDWIN LOIS ZUTA GABRIEL**

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Dr. RAÚL ARNALDO ESPINOZA VILLAR  
Presidente

Mg.Sc. JUDITH MARÍA RAMÍREZ CANDIA  
Miembro

Mg.Sc. GUSTAVO EDUARDO ANDRES RODRIGUEZ SILVA  
Miembro

Dra. LÍA RAMOS FERNÁNDEZ  
Asesor

LIMA – PERU

2021

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. PRESENTACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>III. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	4
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	4
<b>IV. CUERPO DEL TRABAJO.....</b>	<b>5</b>
4.1. MARCO TEÓRICO .....	5
4.1.1. Gestión y ahorro del agua.....	5
4.1.2. Medidas para optimizar el recurso hídrico .....	5
4.1.3. Indicadores para la gestión y optimización del recurso hídrico .....	10
4.1.4. Modelo AQUATOOL .....	12
4.2. DATOS DE LA CUENCA.....	14
4.2.1. Ubicación .....	14
4.2.2. Demanda agrícola.....	16
4.2.3. Demanda poblacional .....	18
4.2.4. Demanda pecuaria .....	20
4.2.5. Demanda industrial .....	20
4.2.6. Oferta hídrica superficial.....	21
4.2.7. Acuífero.....	23
4.2.8. Relación sistema superficial – acuífero.....	26
4.2.9. Infraestructura hidráulica .....	27
4.2.10. Aguas residuales.....	28
4.3. SECUENCIA METODOLOGICA .....	30
4.3.1. Indicadores iniciales .....	31
4.3.2. Planteamiento de medidas .....	35
4.3.3. Optimización de escenarios.....	38
4.4. RESULTADOS .....	39
4.4.1. Indicadores iniciales de la cuenca .....	39
4.4.2. Planteamiento de medidas .....	45
4.4.3. Optimización de escenarios.....	55
<b>V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>61</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	61

5.2. RECOMENDACIONES .....	61
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>63</b>
<b>VII. ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Garantías anuales usadas por organismos .....	11
Tabla 2: Criterios de garantía y valores de los índices de déficit para diferentes tipos de demanda y usos del agua en una cuenca .....	12
Tabla 3 : Dotación de agua para edificaciones destinada a crianza de animales.....	20
Tabla 4: Aportación (hm <sup>3</sup> ) debido a afloramiento de agua en el área de estudio.....	22
Tabla 5: Extracción de agua subterránea (hm <sup>3</sup> ) con fines agrícolas en el valle de Lurín....	23
Tabla 6: Recarga (hm <sup>3</sup> ) al acuífero por efectos de la infiltración en los sectores de riego de la cuenca baja del río Lurín .....	26
Tabla 7: Capacidad de tomas de captación de las comisiones de regantes .....	27
Tabla 8: Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /s) de las PTAR que vierten sus aguas al cauce del río Lurín .....	28
Tabla 9: Demanda hídrica mensual (hm <sup>3</sup> ) para una eficiencia de riego de 55 por ciento ...	45
Tabla 10: Determinación del almacenamiento requerido-Método del Pico Secuente.....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Representación esquemática de medidas para afrontar la escasez hídrica.....	6
Figura 2: Sistema de riego por micro aspersion instalado en la minera Barrick Lagunas Norte .....	7
Figura 3: Automatización de sistema de riego con agua reciclada en la minera Barrick Lagunas Norte .....	8
Figura 4: Riego por aspersion en las vías de acceso para el control de polvos en la minera Barrick Lagunas Norte.....	8
Figura 5: Reservorio para riego en Grupo de Gestión Empresarial Media Noche - Huancayo .....	9
Figura 6: Hidrograma anual de escurrimiento en un río y su demanda.....	9
Figura 7: Diagrama del pico secuente .....	10
Figura 8: Garantía aceptable en función de una demanda.....	11
Figura 9: Interfaz de la plataforma SIMGES.....	13
Figura 10: Variación espacial de la altitud en la cuenca baja del río Lurín, ubicación de las estaciones, la red hidrográfica y límites de la zona de estudio.....	15
Figura 11: Inspección de canales de riego en la cuenca baja del río Lurín .....	17
Figura 12: Demanda mensual de las comisiones de regantes Sisicaya, Pan de Azúcar, Cieneguilla, Mejorada, San Fernando y Lurín.....	18
Figura 13: Demanda mensual de las comisiones de regantes Subsector Cieneguilla , Cóndor Huaca Molino, Jatosisa Sotelo, Venturosa, Toledo, Tambo Inga y Caña Hueca .....	18
Figura 14: Población (habitantes) y demanda mensual ( $hm^3$ ) para el año 2016 de los distritos que conforman la cuenca baja del río Lurín.....	19
Figura 15: Variación anual de la demanda poblacional desde 1997 al 2016 .....	19
Figura 16: Variación anual de la demanda pecuaria desde 1997 al 2016.....	20
Figura 17: Variación anual de la demanda industrial desde 1997 al 2016.....	21
Figura 18: Aportación mensual en la estación hidrométrica Antapucro para el río Lurín ..	22
Figura 19: Límites del acuífero de Lurín, pozos de explotación y distritos que comprende la cuenca baja del río Lurín .....	24
Figura 20: Explotación histórica ( $hm^3/año$ ) del agua subterránea para el sector poblacional, agrícola, pecuario e industrial .....	25

Figura 21: Toma de captación de la Comisión de Regantes Mejorada en la cuenca baja del río Lurín .....	28
Figura 22: Inspección de la descarga de la PTAR San Bartolo al río Lurín.....	29
Figura 23: Esquema metodológico seguido para el desarrollo del trabajo.....	30
Figura 24: Esquema de los elementos principales que intervienen en el uso del agua .....	31
Figura 25: Ubicación de los afloramientos de agua subterránea, red de canales, aportación del río y comisiones de regantes en el área de estudio.....	33
Figura 26: Esquema hidráulico de las demanda por parte de la comisiones de regantes, ubicación esquemática de las poblaciones y PTAR considerados para el estudio .....	34
Figura 27: Caudal ecológico a un percentil del 95 por ciento en la estación Manchay .....	35
Figura 28: Supervisión de PTAR en el distrito de Palca .....	36
Figura 29: Sistema de riego por aspersión para áreas verdes en la VIDENA.....	37
Figura 30: Conjunto de reservorios de la minera Barrick Lagunas Norte para el almacenamiento de aguas tratadas y su posterior uso en el riego por micro aspersión .....	38
Figura 31: Regla de operación.....	39
Figura 32: Modelo SIMGES de la cuenca baja del río Lurín.....	40
Figura 33 : Déficit anual según comisión de regantes en la cuenca baja del río Lurín: Sisicaya, Subsector Cieneguilla, Toledo, Tambo Inga, Caña Hueca y San Fernando .....	42
Figura 34 : Déficit anual según comisión de regantes en la cuenca baja del río Lurín: Cóndor Huaca Molino, Jatosisa Sotelo, Pan de Azúcar, Mejorada, Venturosa, Lurín y Cieneguilla .....	43
Figura 35: Promedio mensual de los déficits en la simulación del modelo inicial en las comisiones de regantes de Cieneguilla, Pan de Azúcar , Venturosa, San Fernando, Mejorada, Cóndor Huaca Molino, y Lurín (Panel superior) así como en las comisiones Sisicaya, Cóndor Huaca Molino, Jatosisa Sotelo, Toledo, Subsector Cieneguilla, Tambo Inga y Caña Hueca (Panel inferior).....	44
Figura 36: Cantidad de años para cada comisión de regantes de acuerdo a la magnitud de los déficits hídricos producto de la simulación del Escenario 1 .....	46
Figura 37: Simulación del volumen de almacenamiento embalse en el Escenario 2 a nivel mensual desde 1963-2019 .....	48
Figura 38: Cantidad de años para cada comisión de regantes de acuerdo a la magnitud	

de los déficits hídricos producto de la simulación del Escenario 2 .....	49
Figura 39: Promedio mensual de volumen de almacenamiento del embalse del Escenario 2 y planteamiento de volumen de embalse propuesto para el Escenario 3.....	50
Figura 40: Simulación del volumen de almacenamiento embalse en el Escenario 3 a nivel mensual desde 1963-2019.....	50
Figura 41: Cantidad de años para cada comisión de regantes de acuerdo a la magnitud de los déficits hídricos producto de la simulación del Escenario 3 .....	51
Figura 42: Volumen anual de agua explotada del acuíferos de Lurín para el modelo inicial y los escenarios planteados .....	52
Figura 43: Déficit hídrico anual en el modelo inicial (MI) y los escenarios (E1, E2 y E3) para cada comisión de riego desde el año 2010 al 2014 .....	53
Figura 44: Déficit hídrico anual en el modelo inicial (MI) y los escenarios (E1, E2 y E3) para cada comisión de riego desde el año 2015 al 2019 .....	54
Figura 45: Garantía anual en cada comisión de regantes para el modelo inicial, Escenarios 1, Escenario 2 y Escenario 3.....	55
Figura 46: Regla de operación en función de la asignación para y volumen de agua que se aplicó a el Escenario 1 .....	56
Figura 47: Déficit hídricos y demandas a nivel anual para las comisiones de regantes Venturosa, Pan de Azúcar y San Fernando producto de la aplicación de la regla de operación .....	57
Figura 48: Suministro en función del volumen del embalse para la aplicación de la regla de operación en el Escenario 3.....	58
Figura 49: Garantía anual para el Escenario 3 antes y después de aplicar la RO, demanda anual de agua promedio de cada comisión de regantes. ....	59
Figura 50: Cantidad de fallos superiores al 20 por ciento de déficits para todas las comisiones de regantes .....	60

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Tabla de cedula de cultivos.....	67
Anexo 2: Licencia de explotación de agua subterránea .....	73
Anexo 3: Aportación del río Lurín .....	74
Anexo 4: Descarga media en la estación Manchay .....	75
Anexo 5: Modelos SIMGES del Escenario 2 y 3 .....	76
Anexo 6: Método del Pico Secuente - Método Analítico.....	77

## **I. PRESENTACIÓN**

En mi etapa como profesional he tenido la ocasión de ampliar mucho mis conocimientos, empecé a los pocos días de culminar mis clases universitarias haciendo las prácticas profesionales como asistente de obra para un proyecto de sistema de riego por goteo para luego de tres meses ser jefe de obras en la provincia de Huacho para proyectos de riego presurizado en el marco del Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI), luego pasé a trabajar como independiente en el área de topografía en el levantamiento de infraestructura hidráulica en el valle de la Joya. Posteriormente empecé a trabajar como ingeniero de campo para la ejecución de proyectos de riego por aspersión en la sierra peruana en colaboración con el PSI, para el presente trabajo de suficiencia profesional tomé la experiencia de las labores realizadas que mencionan a continuación.

En el año 2016 empecé a laborar con la empresa de HERTS SERVICION INTEGRALES SAC. y cumplí la función de ingeniero de supervisión para las obras ejecutadas por el Programa Subsectorial de Irrigaciones del “Ministerio de Agricultura” en la implementación de los Proyectos de instalación de un sistema de riego tecnificado por aspersión para el grupo de gestión empresarial (GGE) Pomate, Lunahuana y Chanchamayo (40.87 ha), GGE Fundo Media Noche (17.85 ha) y GGE Vista Hermosa (9.35 ha) localizadas en la región Junín.

Para el año 2018 me desempeñé como ingeniero de campo para la instalación de un sistema de riego automatizado para control de polvos de vías en la minera Barrick Lagunas Norte y encargado del área de ingeniería en la ejecución del proyecto, donde pude aplicar los conocimientos de los cursos de mecánica de fluidos, hidráulica, topografía; adquiridos en mi etapa universitaria. Así mismo en mismo año cumplí la función como ingeniero de oficina técnica en la obra “Suministro, instalación y puesta en marcha del sistema de riego tecnificado” asociado a la remodelación y ampliación de la Villa Deportiva Nacional – VIDENA en el marco de los Juegos Panamericanos Lima 2019 bajo la supervisión de COSAPI, donde pude interactuar con varias especialidades por la amplia base de

conocimientos adquiridos en la universidad interactuando con la plataforma BIM en la ejecución del proyecto.

En la misma empresa para el año 2019 asumí la función de supervisor del proyecto de reforestación con aguas tratadas para un sistema de riego automatizado por micro aspersión en la minera Barrick Lagunas Norte, en la ejecución de un proyecto de riego de pinos en la cual pude acentuar los conocimientos del reúso de aguas tratadas con fines de riego agrícola. Finalmente, en el año de 2019 empecé a laborar en la empresa CONSTRUCTORA MABSA INGENIEROS CONTRATISTAS GENERALES S.A. como consultor de proyectos cumpliendo las principales funciones como coordinador general de expedientes técnicos con el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, supervisión para la elaboración de expedientes técnicos de obras de saneamiento urbano; entre los conocimientos adquiridos para el presente trabajo tuve la función de inspeccionar en el mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Palca de la provincia de Tarma ,en la cual pude ver la problemática de infraestructuras mal diseñadas y desperdicios del recuso agua.

El sector del agua es uno de los ejes principales para el desarrollo de cualquier actividad económica, y gracias a ser un profesional de ingeniería agrícola he podido desenvolverme en los diferentes ámbitos profesionales y trabajar con muchos equipos técnicos a causa de tener una base amplia de nociones que me ha brindado esta gran carrera universitaria, sobre la base de los conocimientos adquiridos como supervisor, jefe de obras e ingeniería y consultor me es propicio formular un trabajo para mejorar la gestión del recurso hídrico en una de las cuencas más importantes de país y dado que me encontré en una iniciativa de investigación recopile información de la cuenca de Lurín por lo que ahora se presenta el siguiente trabajo.

## II. INTRODUCCIÓN

El Perú es uno de los países con mayor disponibilidad del recurso hídrico con el 4,6 por ciento del agua superficial planetaria, sin embargo los problemas de escasez del agua que se presentan en algunos meses del año en la costa peruana se debe principalmente a la mala distribución territorial y deficiente gestión del recurso hídrico, así tenemos que al menos el 2 por ciento del agua disponible debe cubrir las necesidades de más del 60 por ciento de la población nacional asentada en la vertiente del Pacífico, de igual modo se tiene que en la costa se vierte al mar el 53 por ciento del agua, mientras que el 47 por ciento restante se utiliza con una eficiencia de apenas entre 25 por ciento y 40 por ciento (PNUD , 2009). El incremento demográfico, la industrialización , la urbanización , el aumento de la producción agrícola y el consumo han generado una demanda de agua dulce cada vez mayor; así mismo se considera que el sector agrícola representa aproximadamente el 70 por ciento de todas las extracciones de agua dulce a nivel mundial ; en el contexto actual dándole un enfoque global sobre uso óptimo del agua las cuencas de la costa peruana estarían presentando problemas similares de modo que se estima que el 20 por ciento de los acuíferos mundiales están siendo sobreexplotados lo que va a tener graves consecuencias como el hundimiento del suelo y la intrusión de agua salada, el uso ineficiente del agua para la producción agrícola agota los acuíferos , disminución de caudales en los ríos degradando los hábitats de la vida silvestre y la salinización del 20 por ciento de la superficie mundial de tierras de cultivo (WWAP, 2015).

El presente trabajo propone el uso óptimo de los cuerpos de agua en la cuenca baja del río Lurín a través de un modelo de asignación que tiene por misión lograr un uso eficiente y eficaz del recurso hídrico debido a que el recurso agua será el bien máspreciado del futuro. En tal sentido es de suma importancia optimizar las fuentes de agua, debido a que la cuenca del rio Lurín es una de las tres principales cuencas que suministran el recurso hídrico a la capital del país donde se concentra aproximadamente la tercera parte de la población nacional e importantes actividades económicas para el desarrollo nacional.

### **III. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar medidas para la gestión de la demanda y oferta del recurso hídrico en la cuenca baja del río Lurín mediante el uso de indicadores.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- a. Determinar indicadores de gestión en la cuenca baja del río Lurín.
- b. Plantear medidas para optimizar los indicadores de gestión del recurso hídrico.

## **IV. CUERPO DEL TRABAJO**

### **4.1. MARCO TEÓRICO**

#### **4.1.1. Gestión y ahorro del agua**

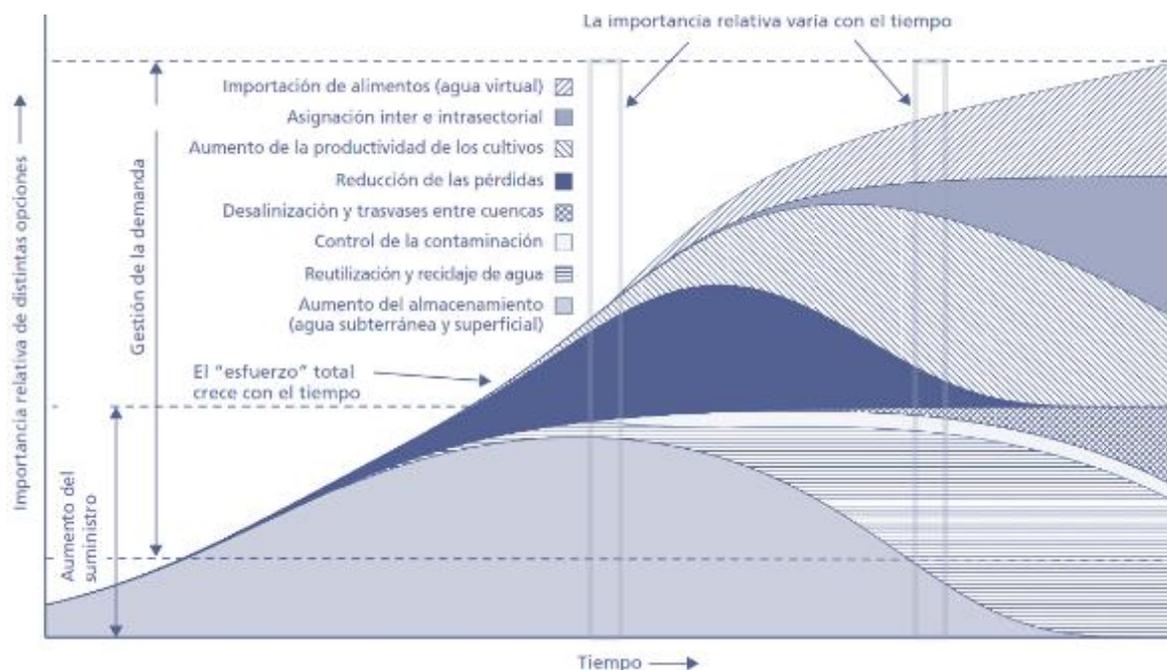
La economía y racionalización de los usos del agua son fundamentales para una buena planificación hidrológica, entre los objetivos generales de la planificación hidrológica es conseguir la mejor satisfacción de la demanda de agua aumentando la disponibilidad del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el ambiente (Balairón, 2000), los objetivos se pueden concretar con las siguientes estrategias:

- Satisfacer las demandas previsibles en un futuro
- Minimizar el uso de los recursos hídricos
- Mantener la calidad y la regularidad de disponibilidad hídrica
- Mantener el costo global del uso del agua

#### **4.1.2. Medidas para optimizar el recurso hídrico**

Molinos *et al.* (2013) indican que el uso inapropiado del recurso hídrico en una cuenca podría generar áreas con escasez de dicho recurso a menudo que la demanda total de agua excede la disponibilidad y por lo tanto no se pueden satisfacer todos los requerimientos, es bien sabido que la falta de agua no afecta igual a todos los usuarios y existe un orden relativo definido a la hora de establecer las prioridades de abastecimiento.

De todos los actores en una cuenca, el requerimiento de uso de agua para fines de riego reúne la mayor cantidad de demanda hídrica, en este sentido la demanda agrícola es el sector que se tiene que gestionar con mejores respuestas para afrontar posibles deficiencias de suministro en una cuenca hidrográfica. En la Figura 1 se observa la representación esquemática de diversas opciones para afrontar la escasez hídrica en el sector agrícola.



**Figura 1: Representación esquemática de medidas para afrontar la escasez hídrica**

FUENTE: FAO (2013)

El conjunto de estas medidas presentadas en la Figura 1 son directrices que permiten afrontar la escasez hídrica teniendo en cuenta las problemáticas de cada área de estudio, a continuación se presentan las medidas planteadas en el presente trabajo:

#### **a. Incremento de la eficiencia de riego**

Esta medida trata de reducir las pérdidas resultado de las fugas en tubería, canales y despilfarros por una aplicación excesiva o inapropiada para el cultivo (Figura 2), según estimaciones globales la eficiencia de riego está en torno al 40 por ciento, sin embargo los niveles excesivos de pérdidas y fugas reflejan fallos en la infraestructura o en su manejo, causando costos financieros (de producir, bombear y transportar agua), así como la degradación del sistema de distribución, el aumento de los riesgos para la salud y el medio ambiente (FAO, 2013).



**Figura 2: Sistema de riego por micro aspersión instalado en la minera Barrick Lagunas Norte**

#### **b. Reutilización y reciclaje de agua**

Un aspecto fundamental en la reutilización del recurso hídrico es aceptar que el agua es un bien económico, y es particularmente evidente en situaciones de escasez de agua. Para los proyectos de reutilización de aguas residuales se requiere de algún tipo de evaluación del beneficio económico potencial como se observan en la Figura 3 y Figura 4 donde se reutilizó aguas tratadas para riego de vías. Se estima que dentro de los próximos 50 años, más del 40 por ciento de la población mundial vivirá en países que enfrentan un déficit hídrico así como mayor competencia entre los usos agrícolas y urbanos por el agua dulce de alta calidad, especialmente en las regiones áridas y semiáridas y densamente pobladas. Las aguas tratadas pueden ser una fuente de agua más fiable (disponible todo el año) y ha sido reconocido por los agricultores no solo como recurso hídrico, sino además porque contiene nutrientes-fertilizantes que favorecen el crecimiento de las plantas y mejoran las propiedades de los suelos (FAO, 2013).



**Figura 3: Automatización de sistema de riego con agua reciclada en la minera Barrick Lagunas Norte**



**Figura 4: Riego por aspersión en las vías de acceso para el control de polvos en la minera Barrick Lagunas Norte**

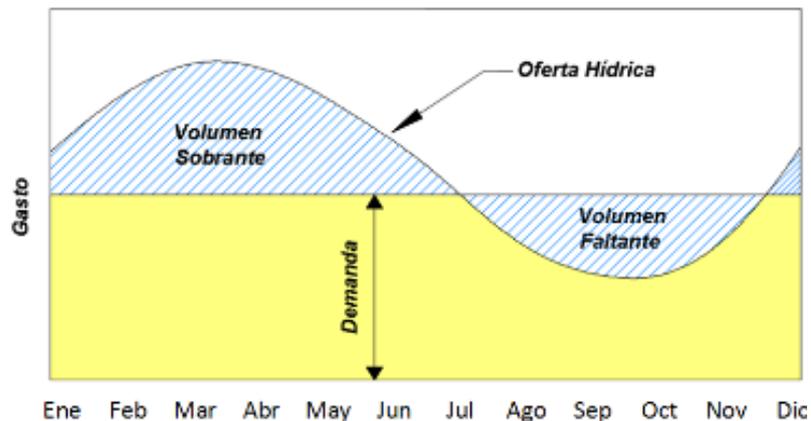
### **c. Aumento de almacenamiento superficial**

Los embalses, reservorios (Figura 5) o sistemas de almacenamiento superficial tienen la función de cubrir las necesidades del sector agrícola, así mismo las demandas de las ciudades, la generación de energía eléctrica o su aplicación para el control de inundaciones. Según Tenreiro (2003) la capacidad de un embalse está determinada por el volumen de la parte del mismo destinada almacenar agua denominada vaso, el volumen del vaso depende de la morfología del terreno y de la altura de la presa que lo define, generalmente las demandas y aportaciones hídricas hacia el embalse determinan el volumen del vaso, así mismo, el vaso del embalse sirve para regular las escorrentías de una cuenca, es decir para almacenar el volumen de agua en las temporadas lluviosas con el fin de usarlo

posteriormente en meses secos como se puede ver en la Figura 6.



**Figura 5: Reservorio para riego en Grupo de Gestión Empresarial Media Noche – Huancayo**



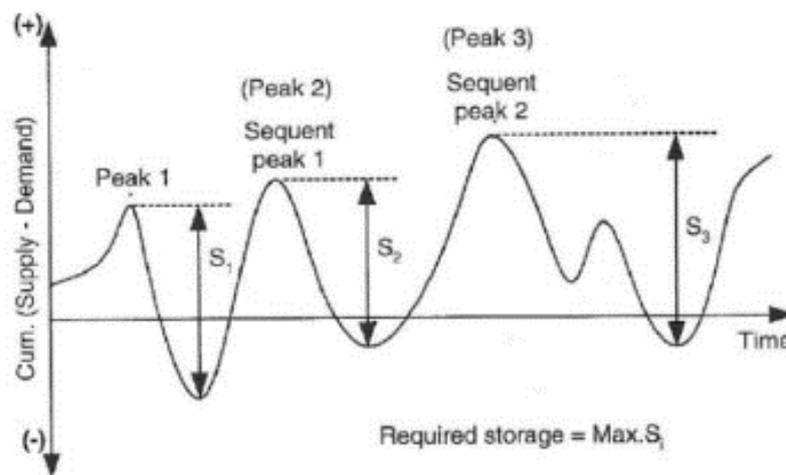
**Figura 6: Hidrograma anual de escurrimiento en un río y su demanda**

FUENTE: Aparicio (1989)

El volumen útil de un embalse se determina en dos pasos, el primer es hacer una estimación del volumen de agua usando datos mensuales de aportación y demanda ignorando los datos de evaporación y precipitación sobre el vaso del embalse, el segundo paso es simular el funcionamiento del volumen del vaso. Para el primer paso se puede usar varios métodos, para el presente trabajo se usará el método del algoritmo del pico secuente que se basa en la idea del diagrama de Rippl que es un método adecuado cuando las demandas son variables

y se tiene una larga serie hidrológica (Aparicio, 1989); a continuación, se describe el procedimiento del método de algoritmo del pico secuente:

- Se determina la serie de oferta hídrica y la demanda mensual de una cantidad de años en un punto de interés para el estudio.
- Posteriormente se calcula la diferencia entre la oferta (*supply*) y la demanda (*demand*).
- Se acumula los valores de la diferencia hallada anteriormente.
- El pico (*peak*) se determina cuando se alcanza un valor determinado mayor y cambia a un valor inferior y así sucesivamente se calcula todos los picos de la serie.
- El almacenamiento parcial ( $S_1$ ,  $S_2$  y  $S_3$ , para el caso de la Figura 7) se determina restando el valor del pico inicial menos el menor valor de la acumulación que hay entre el pico inicial y su posterior pico.
- El volumen de almacenamiento del embalse será el mayor valor de todos almacenamientos parciales calculados.



**Figura 7: Diagrama del pico secuente**

FUENTE: Córdova (2016)

#### 4.1.3. Indicadores para la gestión y optimización del recurso hídrico

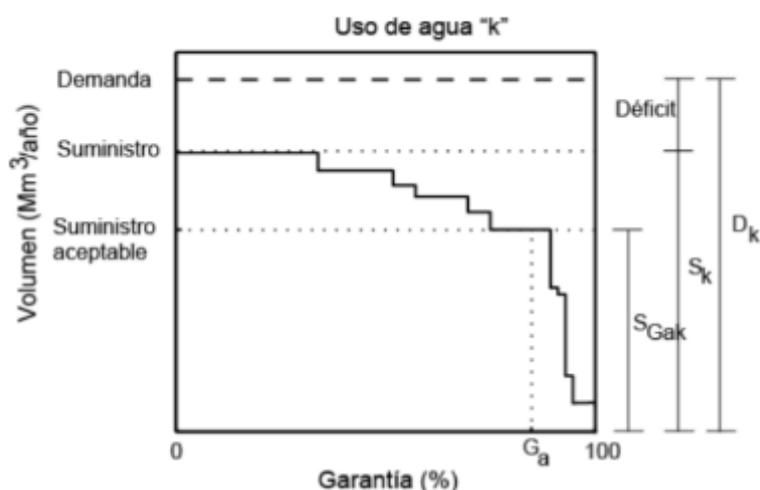
##### a. Garantía

La garantía es la probabilidad en el que el sistema se halle en una situación satisfactoria, entendiendo por tal aquella en el que el suministro es superior a la demanda solicitada; de acuerdo con los requerimientos para cada uso de agua "k" se fijara una garantía aceptable " $G_a$ " (Chavez, *et al.* 2013) como se observa en la Figura 8. La probabilidad de las situaciones contrarias representan lo que se denomina riesgo de fallo. En la Tabla 1 se presentan los

valores de garantía basados en la ocurrencia de fallos usadas por algunas instituciones internacionales. Además, se muestra la expresión para el cálculo de garantía.

$$G_a = 1 - \frac{M_a}{N}$$

Dónde:  $G_a$  es la garantía anual,  $M_a$  es el número de años en que se produce fallo y  $N$  el número total de años.



**Figura 8: Garantía aceptable en función de una demanda**

FUENTE: Chávez et al. (2013)

**Tabla 1: Garantías anuales usadas por organismos**

Organismo	Uso del agua	Garantía
Soil Conservation Service	Regadíos	$G_a = 80\%$
Seattle District Corps of Engineer	Regadíos	$G_a = 98\%$
	Domestico	$G_a = 95\%$

FUENTE: Balairón (2000)

### b. Déficit

El déficit se entiende como la diferencia entre la demanda y el suministro (Figura 8), representa la demanda que no ha sido servida, es decir, el volumen adicional que habría sido consumido si el sistema dispusiese de una fiabilidad absoluta, el déficit se puede referir para un año cualquiera como a un determinado período de años. En la

**Tabla 2** se muestran los valores de déficits usados por algunas instituciones a nivel mundial.

**Tabla 2: Criterios de garantía y valores de los índices de déficit para diferentes tipos de demanda y usos del agua en una cuenca**

Tipo de Demanda	Prioridad	Valores de los índices de déficit respecto a la demanda %				
		Gm	GCPH	UTAH-DWR		
		Déficit mensual	Déficit mensual	Déficit anual	Déficit anual	Déficit bianual
Caudal Ecológico	Máxima	0	10	5	15	30
Urbanas	1	0	20	10	25	50
Agrícolas	2	10	30	15	50	75
Otros	3	10	35	20	70	100

FUENTE: IGME (2010)

La normativa peruana establece que los Planes de Gestión de Recursos Hídricos en las Cuencas (PGRHC) fijarán las garantías de satisfacción de la demanda agrícola que le corresponde; en ausencia de dicha información, se considerara satisfecha la demanda agrícola cuando:

- El déficit en un año no sea superior al 20-40 por ciento de la demanda anual correspondiente.
- En dos años consecutivos, el déficit no sea superior al 30-80 por ciento de la demanda anual.

En los PGRHC se deberá especificar el criterio adoptado entre los porcentajes adoptados que se indican, justificando su adopción en las características agroclimáticas de la zona y en las hidrológicas del sistema de explotación de los recursos correspondientes (MINAGRI & ANA, 2012).

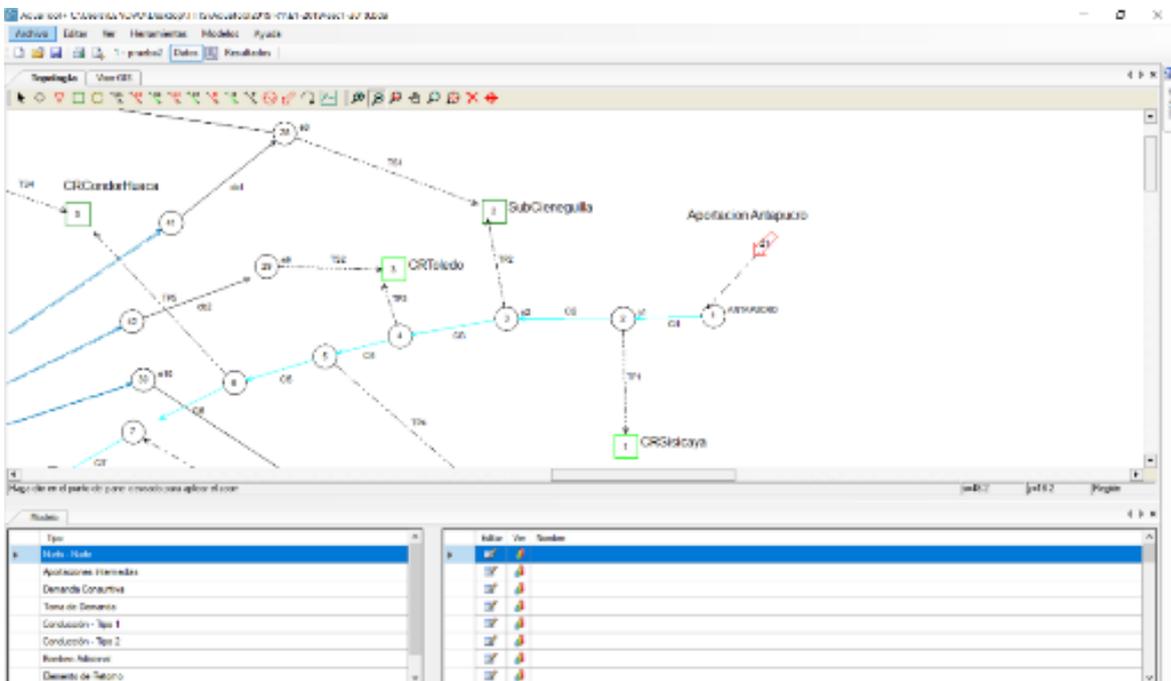
#### **4.1.4. Modelo AQUATOOL**

AQUATOOL es una herramienta informática que permite tomar decisiones en la planificación y gestión de cuencas, dicho modelo está conformado por sub modelos que efectúan funciones específicas (Solera *et al.*, 2015), dichos modelos se describen a continuación: **SIMGES** (simulación para la gestión de cuencas incluyendo la utilización conjunta de los recursos hídricos), **GESCAL** (simulación de la calidad de aguas en cuencas), **OPTIGES** (optimización de la gestión de cuencas) y **SIMRISK** (simulación múltiple de la gestión de sistemas y cálculo de riesgo en la gestión).

**SIMGES** es un modelo para la simulación de la gestión de los recursos hídricos en el que se

dispone de elementos de regulación (tanto superficiales como subterráneos), captación, transporte, utilización y/o consumo y dispositivos de recarga artificial (Figura 9). La simulación se realiza a escala mensual y reproduce a un nivel de detalle espacial que el usuario desee el flujo del agua a través del sistema. Para los subsistemas superficiales el flujo es calculado simplemente por continuidad o balance, mientras que para los subsistemas subterráneos o acuíferos el flujo es simulado mediante modelos de celda, uní o pluricelulares, según convenga, o incluso mediante modelos distribuidos de flujo lineal. Se tiene asimismo en cuenta en la simulación las pérdidas por evaporación y filtración en embalses y cauces, así como las relaciones entre aguas superficiales y aguas subterráneas (Andreu, et al., 1992).

La simulación y gestión se efectúa cuando el modelo optimiza los flujos por la red interna a nivel mensual con el algoritmo **Out of Kilter**, asignando las fuentes de agua a los diversos usos tratando de suministrar a la mayor cantidad de demandas según un orden de prioridad previamente establecido por el modelador; si los usos tienen igual prioridad y en un mes determinado el agua no alcanza para el uso de un grupo de igual prioridad, el déficit se reparte entre ellos proporcionalmente al requerimiento (Collazos, 2004).



**Figura 9: Interfaz de la plataforma SIMGES**

## **4.2. DATOS DE LA CUENCA**

### **4.2.1. Ubicación**

El área del trabajo es la parte baja de la cuenca del río Lurín, se ha tomado como espacio de análisis desde la comisión de regantes Sisicaya y como punto de referencia en el río la estación hidrométrica Antapucro aguas abajo hasta la desembocadura en el océano, la altitud varía desde el nivel del mar hasta los 3216 msnm. Geográficamente se encuentra entre los paralelos 12°07'58" y 12°16'34" de Latitud Sur y con una Longitud Oeste comprendida dentro 76°37'34" a 76°54'33" sobre el Meridiano de Greenwich. Hidrográficamente pertenece a la vertiente del Pacífico, limitando por el Norte con la cuenca del río Rímac, por el Sur con la intercuenca 1375533, por el Sur-Oeste con el Océano Pacífico y por el Este limita con la parte alta de la cuenca del río Lurín, así mismo la cuenca cuenta con un área aproximada de 614 km<sup>2</sup> (Ver Figura 10).

La cuenca baja del río Lurín es una cuenca seca como la gran mayoría de las cuencas de la vertiente del Pacífico, cuya disponibilidad hídrica se debe en gran medida a la limitada precipitación pluvial que hay en la parte Alta que se da principalmente entre los meses de enero a marzo. La cuenca cuenta con suelos fértiles propicios para la agricultura, rodeados de laderas con escasa vegetación de carácter semidesértico, el área rural ha desarrollado una agricultura importante de pequeñas parcelas que abastecen los mercados más importantes de Lima metropolitana (CGDD & CIED, 2010). En la cuenca baja la población urbana es del orden el 98.3 por ciento y la población rural representa el 1.7 por ciento, de igual manera se tiene que un 33.2 por ciento de vivienda en el distrito de Cieneguilla no cuentan con los servicios de agua potable, un 65 por ciento para el caso del distrito de Pachacamac y finalmente un 37.3 por ciento de viviendas para distrito de Lurín según la información proporcionada por el INEI (MML, 2012).

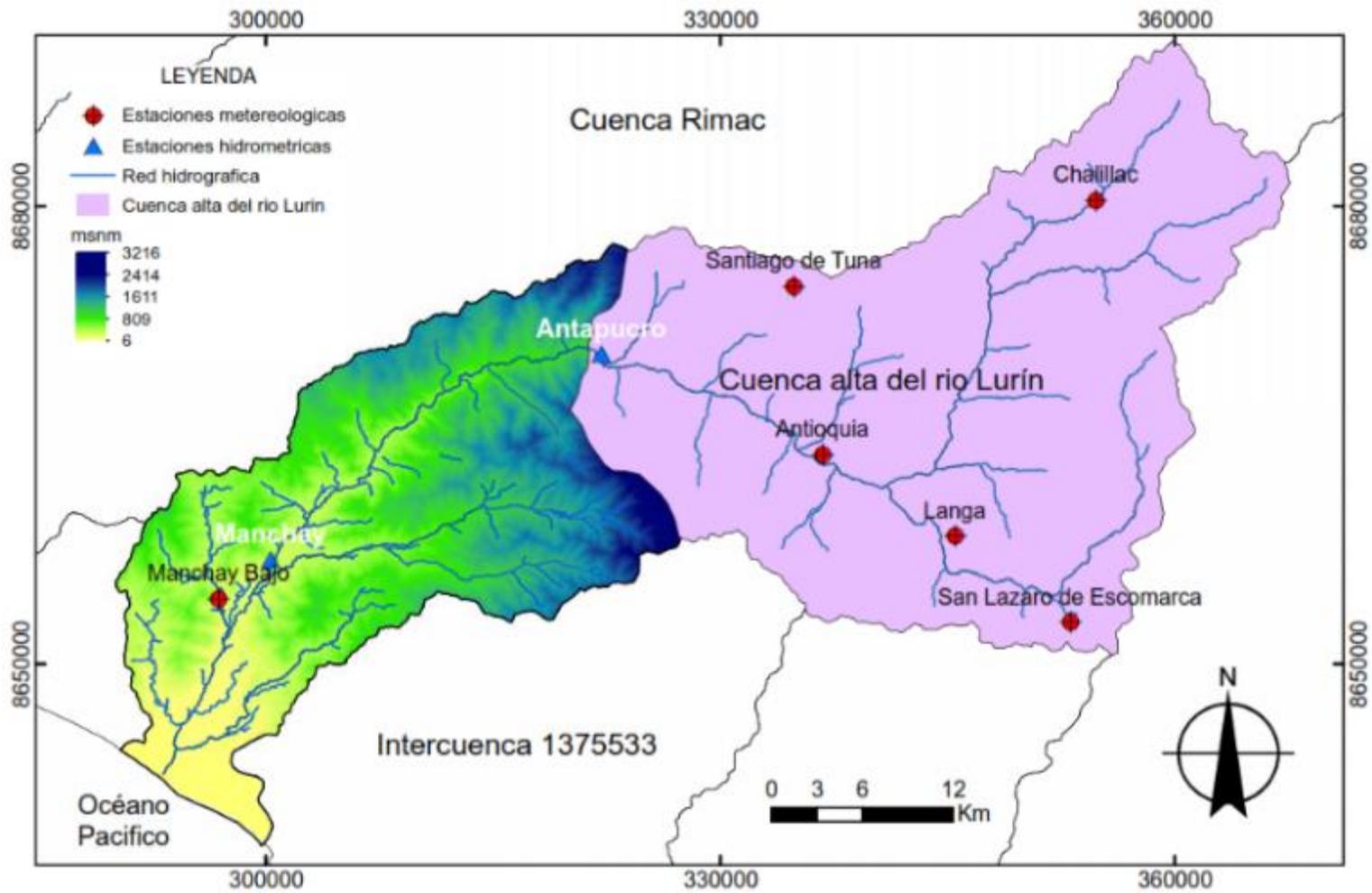


Figura 10: Variación espacial de la altitud en la cuenca baja del río Lurín, ubicación de las estaciones, la red hidrográfica y límites de la zona de estudio

#### **4.2.2. Demanda agrícola**

Es el consumo de agua para la producción agrícola, dichos requerimientos se obtuvieron a partir de información de la cédula de cultivo que se actualizó según la información del MINAG (2004) que se detalla en el Anexo 1, así como otros parámetros que se detallan a continuación:

##### **a. Evapotranspiración de referencia**

La evapotranspiración de referencia se calculó utilizando el método de Hargreaves utilizando la siguiente fórmula (Hargreaves & Samani, 1985):  $ET_o = 0.0135 (t_{med} + 17.78)R_s$  Dónde:  $ET_o$  es la evapotranspiración de referencia (mm/día);  $t_{med}$  es la temperatura media (°C);  $R_s$  representa la radiación solar incidente que se evalúa a partir de la radiación solar extraterrestre ( $R_o$ ) cuyo valor es obtenido de tablas en función de la latitud del lugar y del mes. Se calcularon los valores de la evapotranspiración de referencia utilizando información meteorológica de la estación meteorológica de Manchay Bajo.

##### **b. Evapotranspiración del cultivo**

La evapotranspiración del cultivo se determinó multiplicando el valor de la evapotranspiración de referencia por el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), los  $K_c$  se calcularon siguiendo la metodología recomendada por la FAO del mismo modo estos valores fueron tomados según lo mencionado en la publicación de Riego y Drenaje de la FAO N°56.

##### **c. Precipitación efectiva**

La precipitación efectiva se determinó usando la metodología propuesta por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, cuya fórmula es la siguiente:  $PE = (125 - 0.2 * PP) * PP / 125$  cuando  $PP < 250$  mm/mes y  $PE = 0.1 * PP + 125$  cuando  $PP > 250$  mm/mes. Dónde:  $PE$  representa a la precipitación efectiva (mm) y  $PP$  representa a la precipitación observada (mm). Para esta información se tomó los datos de la estación meteorológica de Manchay Bajo para una persistencia de 75 por ciento.

##### **d. Eficiencia de riego**

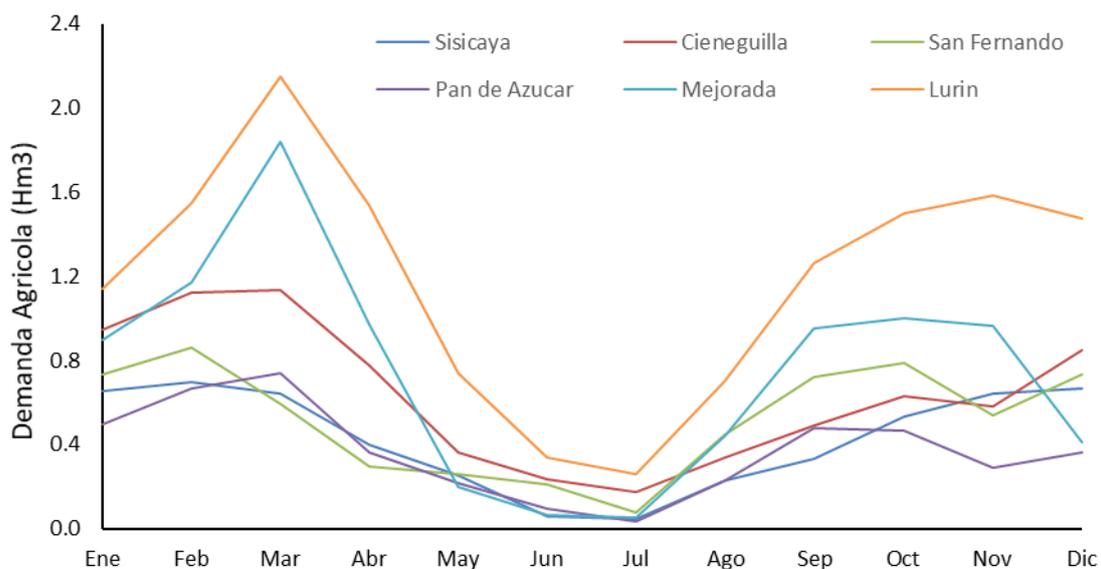
De acuerdo con la evaluación de campo realizada en el área de estudio se determinó que la eficiencia de conducción en la infraestructura de riego del área es del orden del 75 por ciento,

del mismo modo la evaluación de riego por surcos y los controles de campo realizados conducen a señalar una eficiencia de aplicación de 53 por ciento. Por lo tanto, estos factores están fijando una eficiencia de riego promedio de 40 por ciento aproximadamente (SEDAPAL, 2014).

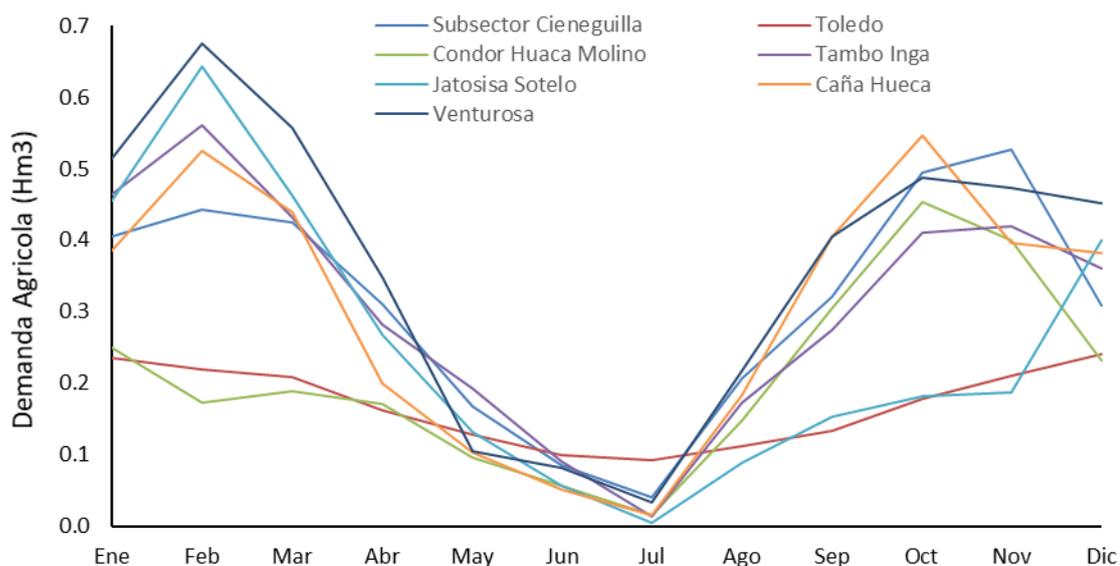


**Figura 11: Inspección de canales de riego en la cuenca baja del río Lurín**

A continuación se describe el proceso para determinar la demanda agrícola: en primer lugar se calculó la evapotranspiración de referencia, posteriormente se procedió a calcular el  $K_c$  de los cultivos que es un valor promedio de todas las fases fenológicas del cultivo, después se multiplicó el valor de la evapotranspiración de referencia con el  $K_c$  del cultivo dando como resultado la evapotranspiración del cultivo, para tener la lámina requerida por el cultivo se hizo una diferencia entre la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva, posteriormente para determinar la demanda del cultivo se divide el valor de lámina requerida por el cultivo entre la eficiencia de riego y finalmente para determinar el valor de demanda agrícola, al valor de la demanda del cultivo se multiplicó por la cantidad de hectáreas según los valores de la cédula de cultivo, así la demanda agrícola a nivel mensual para la cuenca baja del río Lurín se observa en la Figura 12 y la Figura 13.



**Figura 12: Demanda mensual de las comisiones de regantes Sisicaya, Pan de Azúcar, Cieneguilla, Mejorada, San Fernando y Lurín**

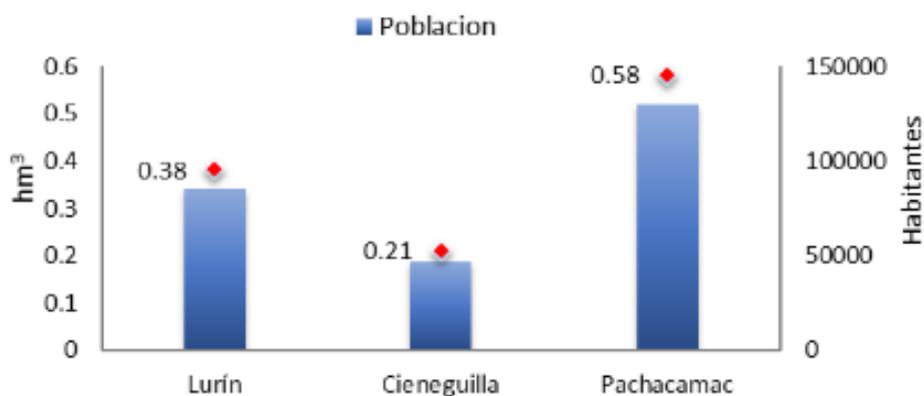


**Figura 13: Demanda mensual de las comisiones de regantes Subsector Cieneguilla, Cónдор Huaca Molino, Jatosisa Sotelo, Venturosa, Toledo, Tambo Inga y Caña Hueca**

#### 4.2.3. Demanda poblacional

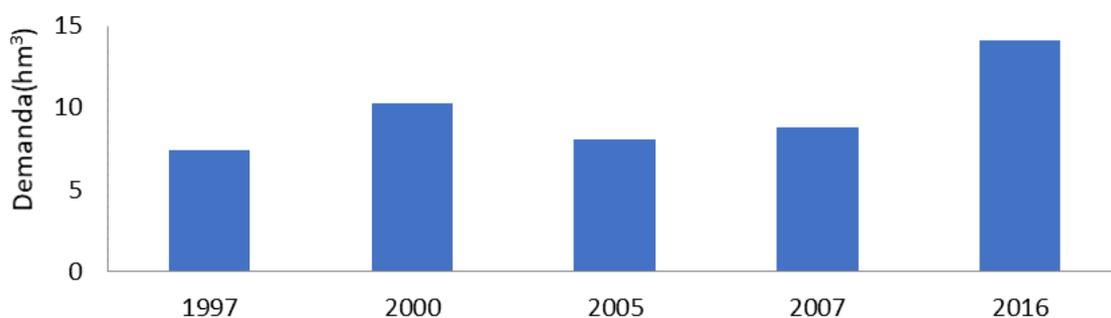
La demanda del recurso hídrico por parte de la población en la cuenca se determinó en función del número de habitantes que se encuentran en la cuenca baja del río Lurín, según los datos del INEI determinaron una población por distrito como se muestra en la Figura 14

del mismo modo que en dicha imagen se presenta el consumo por cada distrito que conforman la cuenca para una dotación de 150 l/hab-día.



**Figura 14: Población (habitantes) y demanda mensual (hm<sup>3</sup>) para el año 2016 de los distritos que conforman la cuenca baja del río Lurín**

El suministro de agua potable está dado principalmente por la explotación del acuífero de modo que en la Figura 15 se observa la variación anual de la demanda poblacional desde 1997 al 2016, para la elección de la dotación diaria por habitante se revisó los valores proporcionados por las SUNASS del consumo en el año 2011 con valores de 59.4, 40.4 y 36.1 l/hab-día para los distritos de Lurín, Cieneguilla y Pachacamac respectivamente, sin embargo para el presente trabajo se tomó la dotación de 150 l/hab-día por persona recomendada por la OMS.



**Figura 15: Variación anual de la demanda poblacional desde 1997 al 2016**

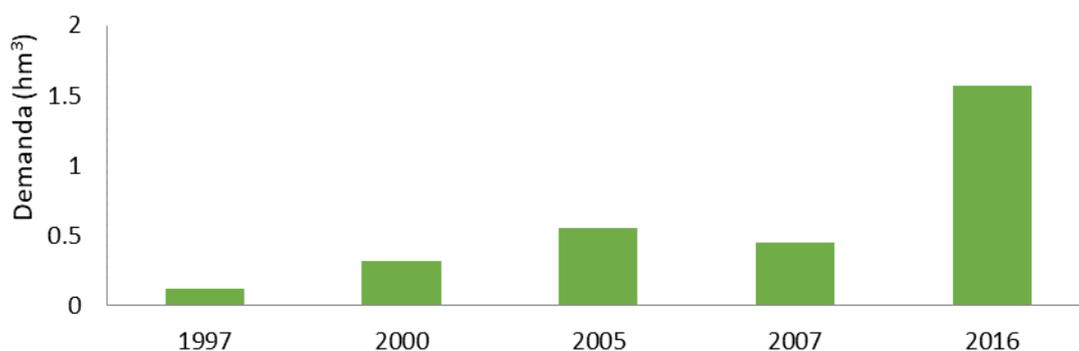
#### 4.2.4. Demanda pecuaria

Se estimó tomando en cuenta la dotación que corresponde a cada animal y la población pecuaria existente en la cuenca baja del río Lurín, la población pecuaria se obtuvo en base al IV Censo Nacional Agropecuario 2012 (INEI & MINAGRI, 2013) a la cual se consideró una tasa de crecimiento anual para el año 2016, el consumo requerido por los animales según su tipo en la cuenca se presentan en la Tabla 3. La demanda pecuaria es abastecida principalmente por la explotación del acuífero, en la Figura 16 se observa la demanda anual desde 1997 a 2007 (SEDAPAL) y el calculado para el año 2016.

**Tabla 3: Dotación de agua para edificaciones destinada a crianza de animales**

Edificaciones para:	Dotación en litros/día/animal)
Ganado lechero	120
Bovinos	40
Ovinos	10
Equinos	40
Porcinos	10 a 30
Pollos, gallinas, pavos, patos	20 litros/día cada 100 aves

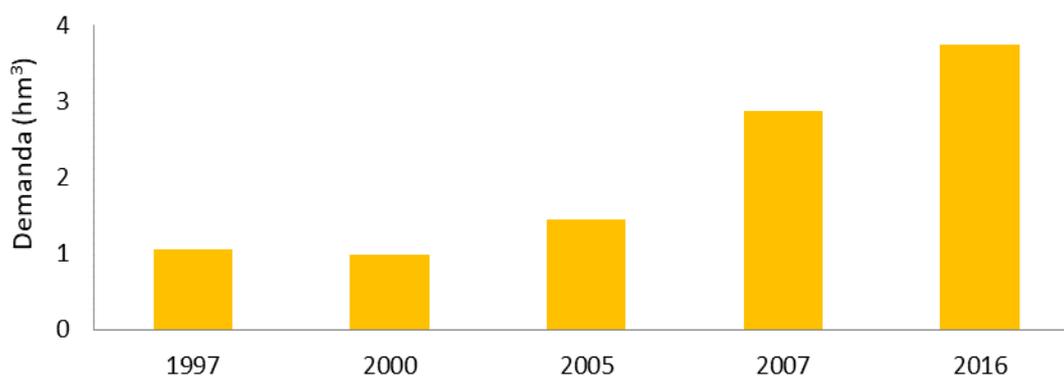
FUENTE: Rodríguez (2010)



**Figura 16: Variación anual de la demanda pecuaria desde 1997 al 2016**

#### 4.2.5. Demanda industrial

La demanda de agua por parte de la actividad industrial en el área está dada principalmente por la explotación del acuífero. En la Figura 17 se presenta el consumo anual de los últimos años, la demanda industrial para el año 2016 se determinó sobre la base de licencias para la explotación del agua subterránea, información que se encuentra en el Anexo 2.



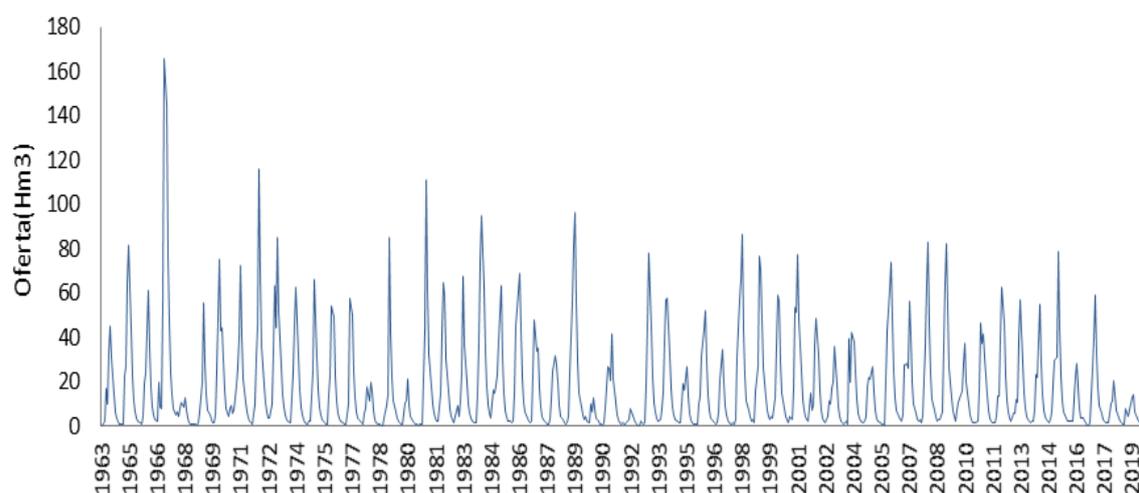
**Figura 17: Variación anual de la demanda industrial desde 1997 al 2016**

#### **4.2.6. Oferta hídrica superficial**

Es la oferta hídrica que abastece en gran medida a las demandas de los diversos actores de la cuenca baja del río Lurín, se determinó dos fuentes de aportación las cuales se describen a continuación:

##### **a. Aportación del río Lurín**

La disponibilidad hídrica en el río Lurín para la parte baja de la cuenca se determinó en base al estudio del MINAG (2004), dicho estudio definió los caudales en la estación hidrométrica de Antapucro entre los años 1964-2002, a través del modelo de Lutz Scholz que fue desarrollado para las cuencas de la sierra del Perú en el contexto de la Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II. Así mismo se consideró la investigación de Meléndez *et al.* (2021) que plantea la disponibilidad en el mismo punto de interés entre los años de 1963-2019; para el presente trabajo se consideró la aportación del río como se muestra en la Figura 18, información obtenida de los dos estudios antes mencionados el cual se detalla en el Anexo 3 con las aportaciones de volumen de agua a nivel mensual.



**Figura 18 : Aportación mensual en la estación hidrométrica Antapucro para el río Lurín**

### **b. Aportaciones intermedias**

Son aportaciones causadas por los afloramientos de agua subterránea que se encuentran en la cuenca baja del río Lurín y distribuidos en el valle Lurín (Figura 25), se caracterizan por ser filtraciones del flujo sub superficial de las faldas de los afloramientos rocosos, son fuentes permanentes y su principal uso es para el sector agrícola; en la Tabla 4 se presentan los valores de volúmenes mensuales de las aportaciones que se ubican en algunas comisiones de regantes del valle de Lurín.

**Tabla 4: Aportación (hm<sup>3</sup>) debido a afloramiento de agua en el área de estudio**

Comisión de regantes	Aportación mensual (hm <sup>3</sup> )
Lurín	0.1763
Mejorada	0.0389
Caña Hueca	0.1153
San Fernando	0.0421
Jatosisa Sotelo	0.0467
Cóndor Huaca Molino	0.0544
Subsector Cieneguilla	0.0920

FUENTE: Elaboración a partir de información de MINAG (2004)

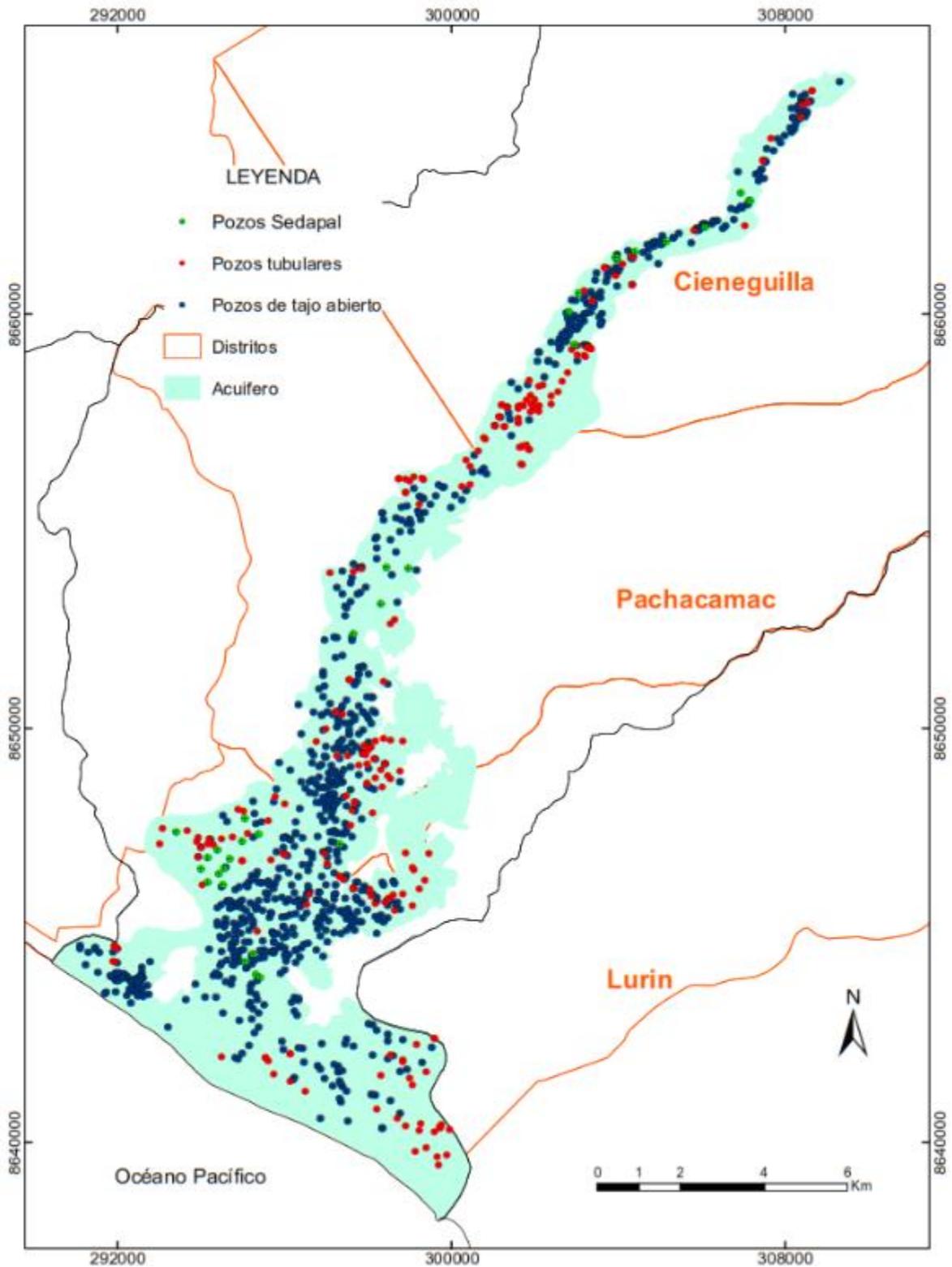
#### 4.2.7. Acuífero

La explotación de agua subterránea en la cuenca baja del río Lurín está dada en su mayoría para suministrar principalmente la demanda poblacional, pecuaria e industrial, y parcialmente en los meses de estiaje la demanda agrícola o la explotación de pozos (Figura 19) para este fin en casos excepcionales, los volúmenes de explotación para suministrar una parte de la demanda agrícola se muestran en la Tabla 5. La extracción de agua con fines agrícolas se calculó en proporción a la cantidad de hectáreas por comisión de regantes, así como la distribución espacial de los pozos de extracción de agua subterránea.

**Tabla 5: Extracción de agua subterránea (hm<sup>3</sup>) con fines agrícolas en el valle de Lurín**

Comisión de Regantes	Volumen mensual (hm <sup>3</sup> )	Volumen anual (hm <sup>3</sup> )
Subsector Cieneguilla	0.0239	0.2873
Toledo	0.0275	0.3295
Cieneguilla	0.0454	0.5446
Cóndor Huaca Molino	0.0222	0.2668
Tambo Inga	0.0279	0.3349
Jatosisa Sotelo	0.0267	0.3199
Caña hueca	0.0341	0.4098
San Fernando	0.0391	0.4697
Pan de Azúcar	0.0349	0.4193
Mejorada	0.0648	0.7774
Venturosa	0.0294	0.3526
Lurín	0.1142	1.3710

FUENTE: Elaborado a partir de información de SEDAPAL (2014)

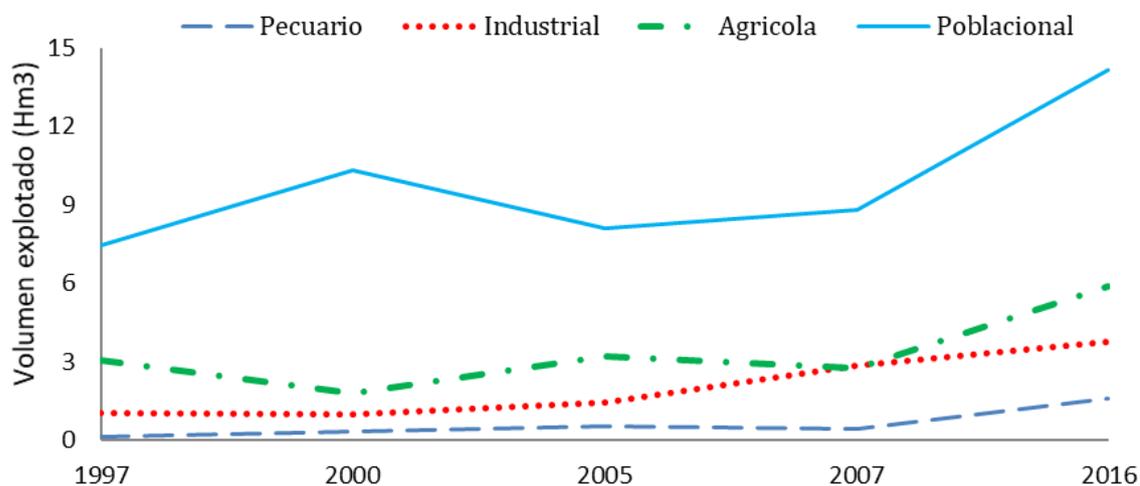


**Figura 19: Límites del acuífero de Lurín, pozos de explotación y distritos que comprende la cuenca baja del río Lurín**

FUENTE: Elaborado a partir de información de SEDAPAL (2014)

La explotación del agua subterránea se realiza mediante los pozos de propiedad de Sedapal y de terceros. Los volúmenes de explotación por medio de los pozos de Sedapal son regularmente controlados, lo cual expresa confiabilidad de la información, con el propósito de conocer la magnitud e intensidad de explotación de las aguas subterráneas. Por otro lado, los volúmenes de agua extraída a través de pozos de propiedad privada (terceros), no se encuentran controlados y esta falta de precisión repercute en la magnitud de la cantidad de agua subterránea explotada y consecuentemente, en la buena gestión del recurso hídrico (SEDAPAL, 2014).

En la Figura 20 se muestra la explotación histórica para abastecer a las demandas principales que se tienen en la cuenca, los valores de volumen de agua explotada permanecieron relativamente constantes con un ligero crecimiento hasta el año 2007. Sin embargo el volumen explotado en el año 2016 se incrementó dando una proyección de mayor crecimiento en un futuro cercano a la demanda poblacional e industrial. Para el modelo planteado, en el acuífero no se consideró ninguna restricción sobre el volumen máximo de agua extraída, así mismo los bombeos realizados por cada demanda son independientes de la disponibilidad hídrica superficial.



**Figura 20: Explotación histórica (hm<sup>3</sup>/año) del agua subterránea para el sector poblacional, agrícola, pecuario e industrial**

FUENTE: Elaborado a partir de información de SEDAPAL (2014)

#### 4.2.8. Relación sistema superficial – acuífero

El agua superficial interactúa con el agua subterránea de tres formas: el río puede ganar agua desde el acuífero a través del lecho del río, pierden agua hacia el acuífero a través del lecho del río, o pueden hacer ambas cosas, ganar en algunos tramos y perder en otros tramos del río (Winter *et al.* 1998). En el presente trabajo se consideró que las corrientes superficiales pierden agua hacia el acuífero de tal forma que se tomaron en cuenta dos tipos de acciones que recargan al acuífero como se detalla a continuación:

##### a. Percolación en lecho del río

La percolación que se da en el lecho del río es una pérdida de volumen de agua que tiene como destino final el acuífero Lurín, se considera una pérdida de 20 por ciento por infiltración en el lecho del río que se da principalmente en el sector de la cabecera de la cuenca baja de Lurín (SEDAPAL, 2014).

##### b. Infiltración en sectores de riego

El área está comprendida por 13 sectores de riego como se muestra en la Figura 25. Los volúmenes de agua para las demandas agrícolas representan el mayor requerimiento debido a lo cual las infiltraciones en los sectores de riego aportan la mayor cantidad de agua a la recarga del acuífero. Se consideró una eficiencia de riego de 40 por ciento lo que significa que 60 por ciento se pierde por infiltración profunda recargando el acuífero. En la Tabla 6 se presentan los valores del volumen de infiltración en los sectores de riego que recargan el acuífero para unas eficiencias de riego de 40 por ciento y de 55 por ciento (escenarios planteados).

**Tabla 6: Recarga (hm<sup>3</sup>) al acuífero por efectos de la infiltración en los sectores de riego de la cuenca baja del río Lurín**

Infiltración	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Eficiencia 40%	4.151	5.166	5.502	3.406	1.616	0.882	0.483	1.968	3.541	4.282	3.940	3.721
Eficiencia 55%	2.264	2.818	3.001	1.858	0.881	0.481	0.263	1.074	1.931	2.336	2.149	2.030

FUENTE: Elaborado a partir de información de SEDAPAL (2014)

#### 4.2.9. Infraestructura hidráulica

La red de canales y conducciones que sirven para la distribución del recurso hídrico se clasificaron en dos grupos: la infraestructura principal que tiene como fin cubrir la demanda agrícola y es abastecida por el agua superficial a través de los canales de conducción; y el segundo es la infraestructura secundaria que está conformada por conducciones (tubería) que abastecen a las demandas restantes mediante la explotación del acuífero (bombeos). Los datos que se incorporaron al modelo sobre infraestructura principal es la capacidad máxima de las tomas de captación (Figura 21) como se muestra en la Tabla 7, para el caso de la infraestructura secundaria el volumen máximo de las conducciones se consideró de acuerdo con el caudal de bombeo en la explotación del acuífero por parte de cada demanda.

**Tabla 7: Capacidad de tomas de captación de las comisiones de regantes**

Comisión de Regantes	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	Volumen (hm <sup>3</sup> /mes)
Sisicaya	0.5	0.972
Subsector Cieneguilla	1.15	2.236
Toledo	0.40	0.778
Cieneguilla	0.60	1.166
Cóndor Huaca Molino	0.80	1.555
Tambo Inga	0.40	0.778
Jatosisa Sotelo	0.50	0.972
Caña Hueca	0.40	0.778
San Fernando	0.40	0.778
Pan de Azúcar	0.40	0.778
Mejorada	1.55	3.013
Venturosa	0.50	0.972
Lurín	1.90	3.694

FUENTE: Elaborado a partir de información de MINAG (2008)



**Figura 21: Toma de captación de la Comisión de Regantes Mejorada en la cuenca baja del río Lurín**

#### **4.2.10. Aguas residuales**

Las aguas residuales en la cuenca están dadas principalmente por las descargas y los desagües de las diferentes actividades de los actores de la cuenca. El cuerpo de agua que se incorporan al sistema superficial (Figura 22) es el agua proveniente de la demanda urbana principalmente. El caudal de retorno que se integra al sistema superficial se obtuvo de los valores de volúmenes de agua procedentes de las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) que se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s) de las PTAR que vierten sus aguas al cauce del río Lurín**

Planta de Tratamiento	Distrito	Caudal (m <sup>3</sup> /s)
San Pedro de Lurín	Lurín	0.020
Nuevo Lurín	Lurín	0.010
Julio C.Tello	Lurín	0.023
San Bartolo	Lurín	0.800
Manchay	Pachacamac	0.060
Cieneguilla	Cieneguilla	0.118

FUENTE: Elaboración a partir de información de SEDAPAL (2019)



**Figura 22: Inspección de la descarga de la PTAR San Bartolo al río Lurín**

### 4.3. SECUENCIA METODOLOGICA

El procedimiento secuencial que se desarrolló en la investigación para cumplir con los objetivos se muestra en la Figura 23.

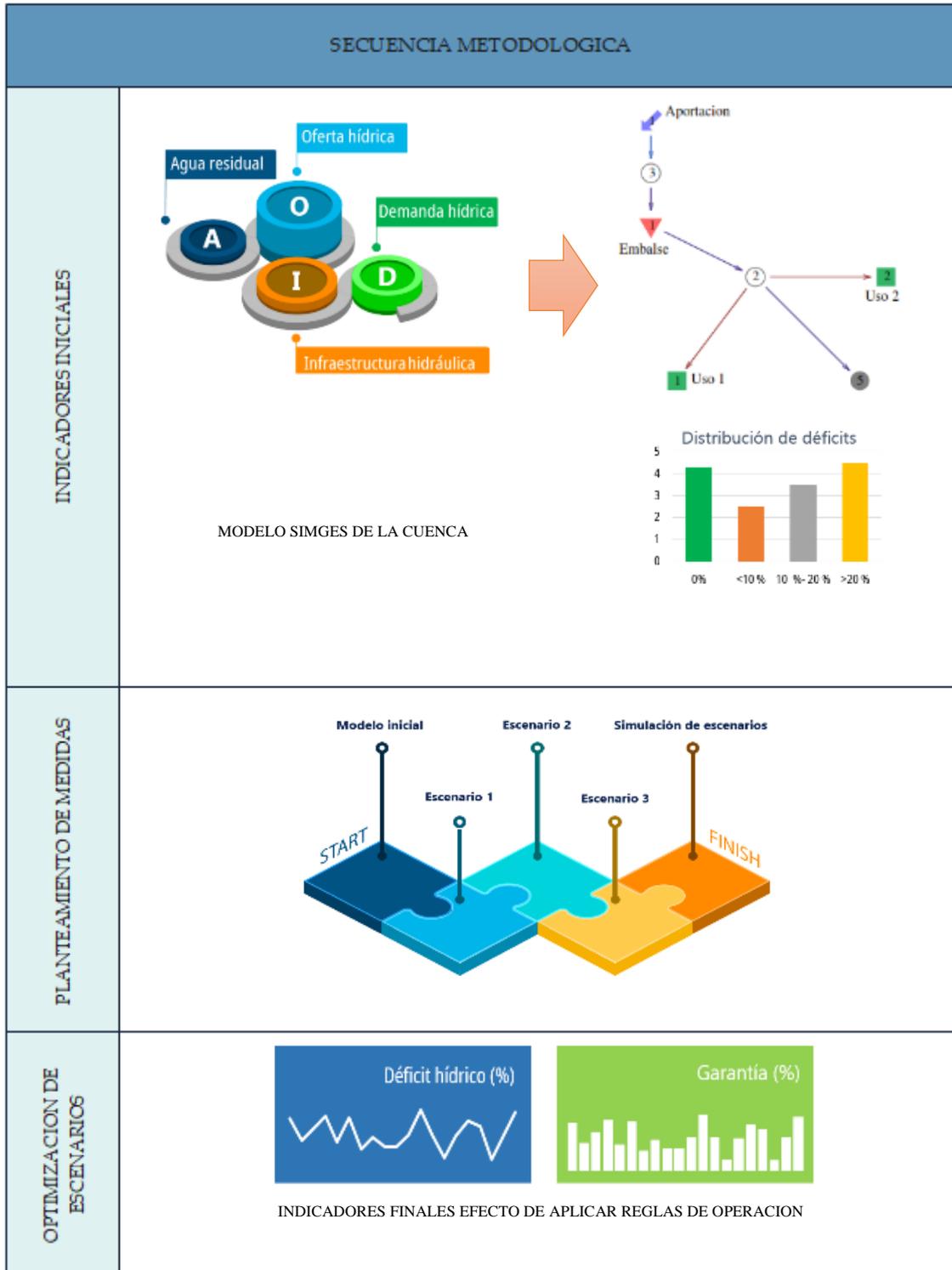
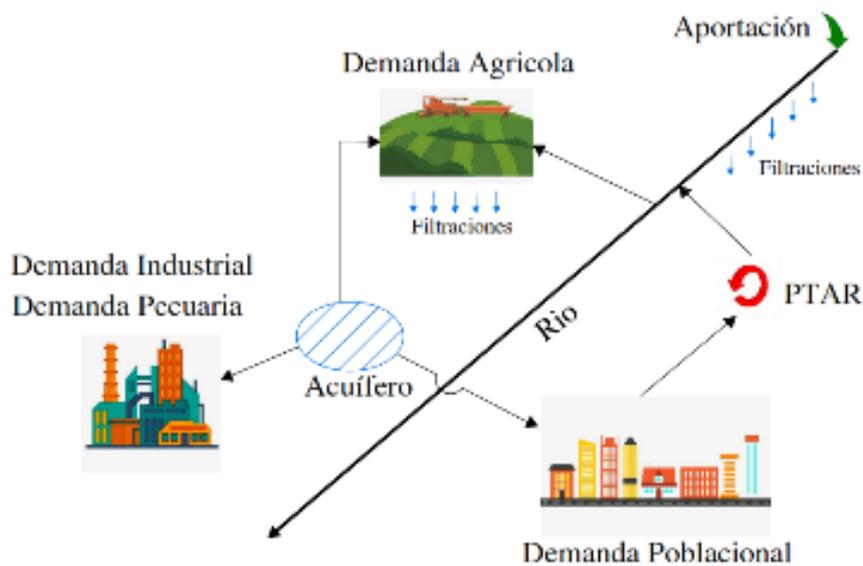


Figura 23: Esquema metodológico seguido para el desarrollo del trabajo

#### 4.3.1. Indicadores iniciales

Los indicadores iniciales de gestión en la cuenca se obtuvieron simulando el modelo **SIMGES** de la cuenca para un determinado período de años. En la elaboración del modelo se utilizó una representación esquemática de uso del recurso hídrico en la cuenca, como se puede ver en la Figura 24. La demanda agrícola es suministrada por la disponibilidad del río así como la explotación del agua proveniente del acuífero, para el caso de la demanda poblacional, industrial y pecuaria el agua es extraída del acuífero. Así mismo el agua de retorno producto del consumo poblacional pasa por las PTAR para posteriormente incorporarse al cauce del río.



**Figura 24: Esquema de los elementos principales que intervienen en el uso del agua**

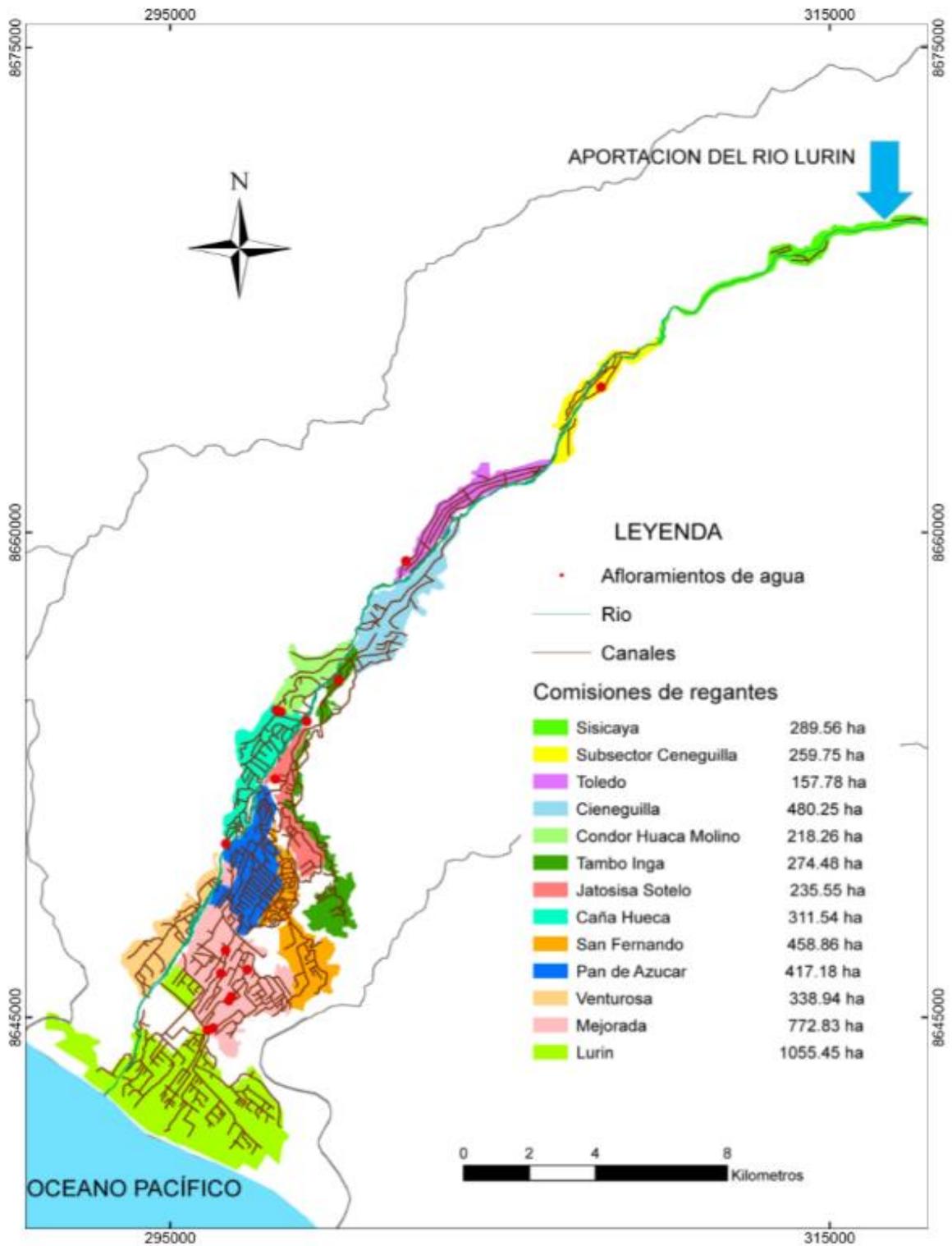
La formulación del modelo y el planteamiento de los elementos en el modelo para la cuenca baja del río Lurín se describen a continuación:

El cauce del río en el modelo se reflejó mediante líneas o arcos para la cual se planteó dos tipos de conducciones: el tipo 1 que corresponde a la mayor parte de los tramos siendo su parámetro variable los caudales mínimos (planteados en los escenarios); y la conducción tipo 2 las cuales corresponden a los primeros tramos del río en los que se contemplan pérdidas por infiltración que tienen como destino final el acuífero. La aportación que ingresa en el sistema está constituida por la oferta hídrica del río a través de una serie de volúmenes

(hm<sup>3</sup>) a nivel mensual para el período 1963 -2019. Mientras que, para la aportación de afloramientos de agua subterránea se estableció un valor constante para todos los años a nivel mensual (Tabla 4), que se representaran en el modelo a través de un bombeo de agua a volumen constante del acuífero.

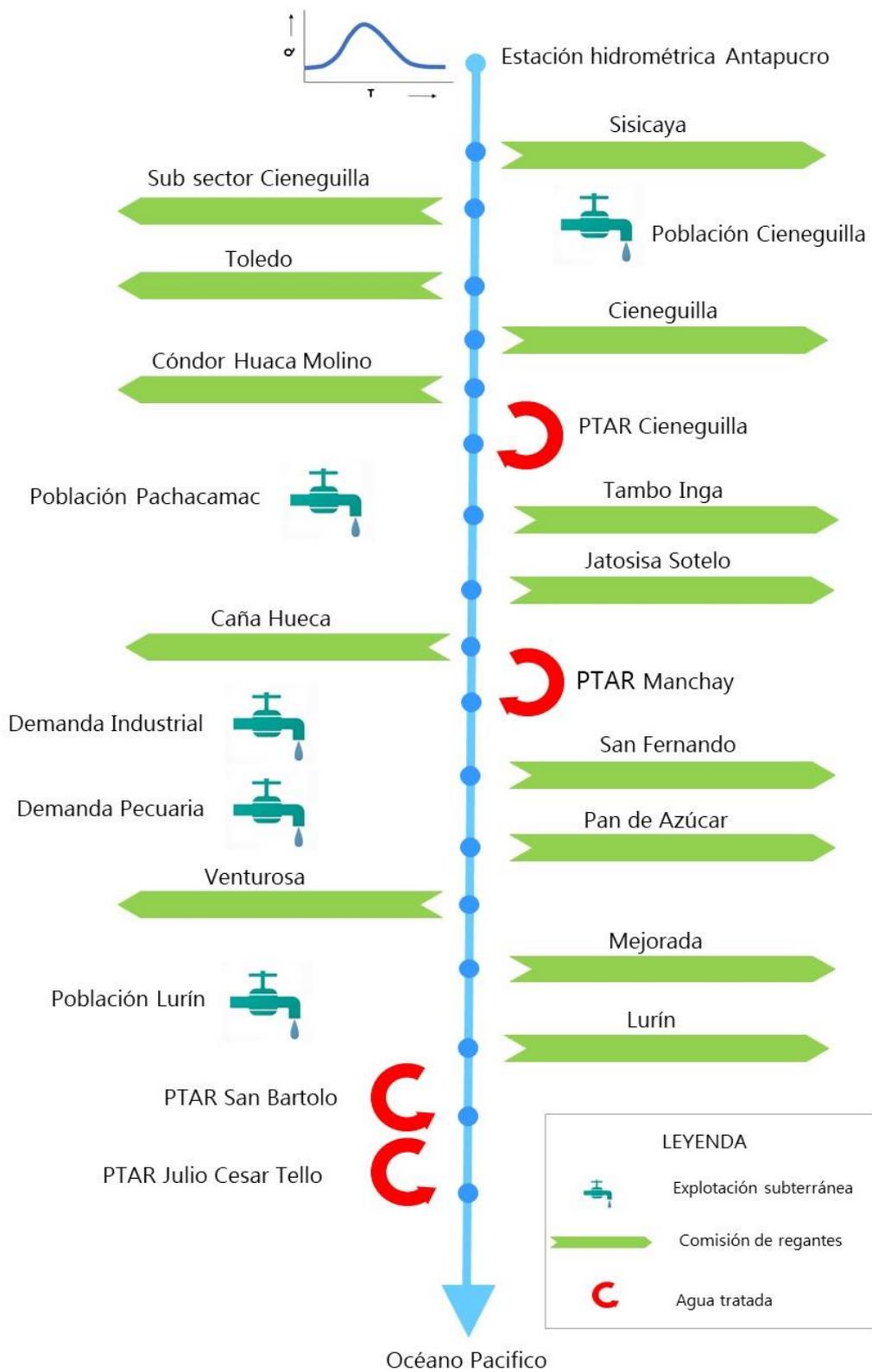
Las demandas se consideraron constantes para todos los años tomando el máximo valor calculado en el año 2016. Para el caso de las tomas de captación que abastecen las demandas agrícolas se empleó los datos de capacidad máxima de volumen que se presentan en la Tabla 7. Esta información se simplificó de la red de canales que se puede ver en la Figura 25. Con respecto al acuífero se seleccionó un acuífero que solo recibe recargas y no interactúa con las aguas superficiales, es un acuífero de tipo **depósito**, que es una de las opciones con las que cuenta el modelo **SIMGES**, el cual tiene solo una **acción elemental** que son los bombeos. Estos bombeos tienen los valores de la demanda poblacional, pecuaria e industrial correspondiente al año 2016; mientras que los bombeos para suministrar la demanda del sector agrícola corresponden a los volúmenes mensuales de la Tabla 5. En relación con los retornos de agua al sistema superficial que representan las PTAR ubicadas en el área de estudio, el volumen de agua que retorna al río se calculó en función de los caudales mostrados en la Tabla 8.

El modelo se elaboró de acuerdo a los elementos que ofrece la herramienta **SIMGES**, como son los nodos, líneas (conducciones) y elementos antes mencionados. Para ello, se ubicó en primer lugar cada componente del sistema siguiendo el esquema de la Figura 26, posteriormente ingresando todos los volúmenes de cada componente (hm<sup>3</sup>) así como otros parámetros según el tipo de elemento, al término de la elaboración del modelo inicial de la cuenca baja se procedió a simular para el análisis posterior de los resultados.



**Figura 25: Ubicación de los afloramientos de agua subterránea, red de canales, aportación del río y comisiones de regantes en el área de estudio**

FUENTE: Elaboración a partir de información de MINAG (2004)

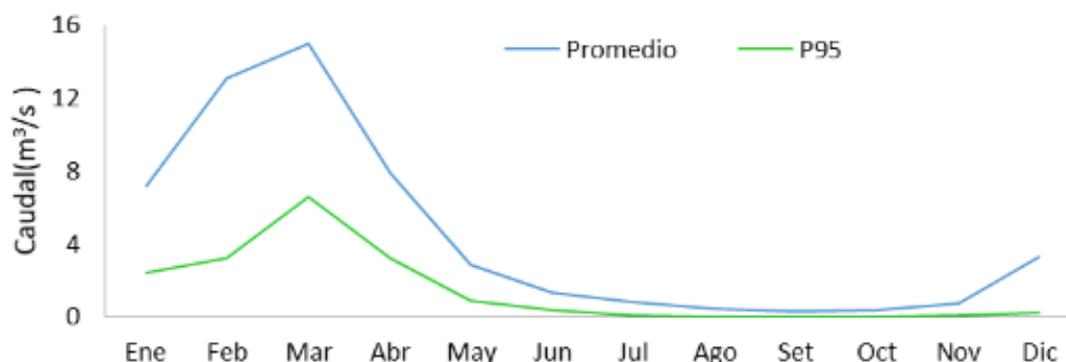


**Figura 26: Esquema hidráulico de las demandas por parte de las comisiones de regantes, ubicación esquemática de las poblaciones y PTAR considerados para el estudio**

FUENTE: Elaboración propia a partir de información de MINAG (2008)

### 4.3.2. Planteamiento de medidas

La simulación del modelo (modelo inicial) generó como resultados la falta de agua en algunos de los años simulados para el caso de las demandas agrícolas, estos mismos resultados arrojaron que las demandas poblacionales, pecuarias e industriales no tienen ningún déficit hídrico debido a que el modelo no restringió la oferta hídrica del agua subterránea de la cual se abastecen dichas demandas. En la simulación del modelo inicial, no se consideró un caudal mínimo en ningún tramo del cauce del río debido a que se trató de expresar las condiciones reales de la cuenca, esto debido a que no existen políticas que definan los caudales mínimos en la cuenca en estudio. El planteamiento de medidas tiene como fin que se disminuyan los déficits hídricos que se presentaron en las comisiones de regantes sin ejercer una sobreexplotación de los cuerpos de agua, por lo cual se consideró establecer el caudal ecológico (Figura 27) en la estación hidrométrica de Manchay que se calculó según la normativa peruana para los caudales que se presentan en el Anexo 4. Así mismo, se consideró un caudal mínimo en la desembocadura del río hacia el mar y en los tramos finales del río con los datos de volumen que se generaron de la simulación en el modelo inicial.



**Figura 27: Caudal ecológico a un percentil del 95 por ciento en la estación Manchay**

Una de las consideraciones para el planteamiento de medidas es el incremento de la demanda hídrica, para esta variable se observó el comportamiento de la demanda a través de la explotación del acuífero debido a que esta es una de las fuentes principales de abastecimiento. Como se observa en la Figura 20, la explotación total de agua subterránea se ha incrementado en los últimos años; por lo que se planteó que solo la demanda agrícola tendría que ser analizada dada que es la de mayor magnitud y además es la única que tiene restricciones porque su principal dotación se debe al agua superficial y difiere de las

demandas restantes que dependen principalmente de la extracción de agua subterránea. Se observó que para la demanda agrícola en relación con el planteamiento de medidas, uno de los problemas actuales en la cuenca es la expansión urbana. Esto se ha convertido en una amenaza para la conservación de la agricultura y los servicios ambientales en los valles cercanos a Lima Metropolitana, convirtiendo al valle de Lurín en el último valle verde de la ciudad capital, pasando así de las 6000 hectáreas de tierras agrícolas registradas en 1935 a las 5000 hectáreas conservadas en el año 2001 (CGDD & CIED, 2010). En el modelo inicial se consideró una cantidad de área que actualmente ronda las 4981 hectáreas, en consecuencia, no se considerara ningún incremento por parte de la demanda agrícola manteniendo constante la demanda. De las tres medidas mencionadas en el marco teórico, estas se agruparon para establecer escenarios de análisis con el fin de incrementar los indicadores de gestión, los cuales describen a continuación:

#### **a) Escenario 1**

**Incremento de la eficiencia de riego y uso de aguas residuales con fines riego**, para este escenario se consideró un incremento en la eficiencia de riego hasta el 55 por ciento, dicho valor es considerado para el horizonte del año 2035 (MINAGRI & ANA, 2012) y con respecto a la utilización de las aguas residuales se considera que las plantas de tratamiento deben tratar todas las aguas residuales del consumo poblacional (Figura 28), que representa el 80 por ciento del total de la demanda poblacional que posteriormente se incorpora al sistema superficial para ser usado por las demandas agrícolas.



**Figura 28: Supervisión de PTAR en el distrito de Palca**

## **b) Escenario 2**

**Planteamiento de un embalse de regulación e incremento de la eficiencia de riego**, en el segundo escenario se consideró un embalse ficticio, y se dimensionó un volumen útil por el método del pico secuente. Dicho embalse puede ser una representación de un sistema de embalses que estarán aguas abajo la demanda por parte de la comisión de regantes Sisicaya, debido la morfología de la cuenca así como también bajo el área influencia del acuífero que también puede convertirse en un elemento de almacenamiento. Respecto al incremento de la eficiencia de riego se tomó el mismo valor considerado en el Escenario 1 que corresponde un valor del 55 por ciento de eficiencia que se puede obtener mediante el uso de los sistemas de riego presurizado como se muestra en la Figura 29.



**Figura 29: Sistema de riego por aspersión para áreas verdes en la VIDENA**

## **c) Escenario 3**

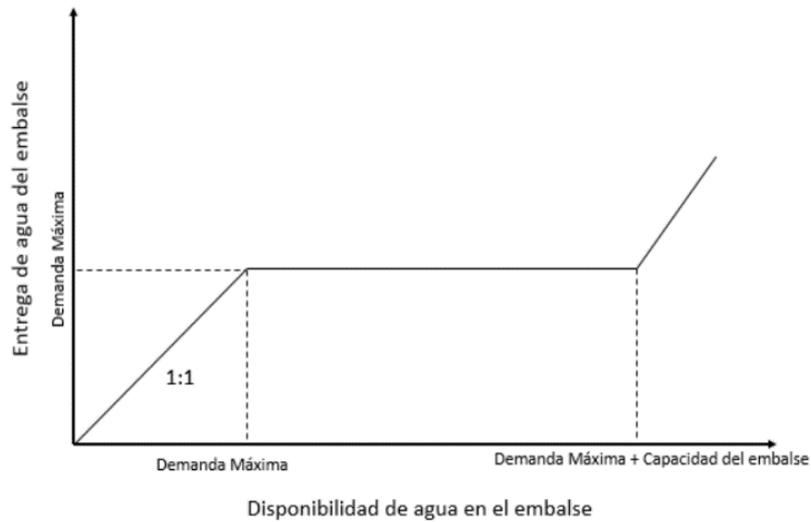
**Planteamiento de un embalse de regulación, incremento de la eficiencia de riego y uso de agua residuales**, el escenario 3 plantea el uso conjunto de todas las fuentes de agua disponibles como se puede observar en la Figura 30 considerando así al Escenario 1 (eficiencia de riego de 55 por ciento y 80 por ciento de retorno del consumo poblacional) y al Escenario 2 del cual según el comportamiento del embalse se dará un nuevo volumen de almacenamiento para el embalse.



**Figura 30: Conjunto de reservorios de la minera Barrick Lagunas Norte para el almacenamiento de aguas tratadas y su posterior uso en el riego por micro aspersión**

#### **4.3.3. Optimización de escenarios**

La optimización se realizó escogiendo a los escenarios con mayores déficits y menores garantías, a las cuales se plantea una regla de operación (Figura 31) para minimizar el déficit respecto a la demanda anual así como reducir la incidencia de fallos e incrementar las garantías anuales. Se considera una regla de operación a los nuevos parámetros que se le da a un elemento del modelo para que tenga otro comportamiento dentro de dicho modelo, dichas reglas pueden expresarse mediante gráficos, tablas, diagramas de flujo, etc. el cual puede indicar el caudal a verter en función de unos objetivos a alcanzar, tales como mantener un determinado nivel o servir una demanda de agua (Bianucci, 2013).



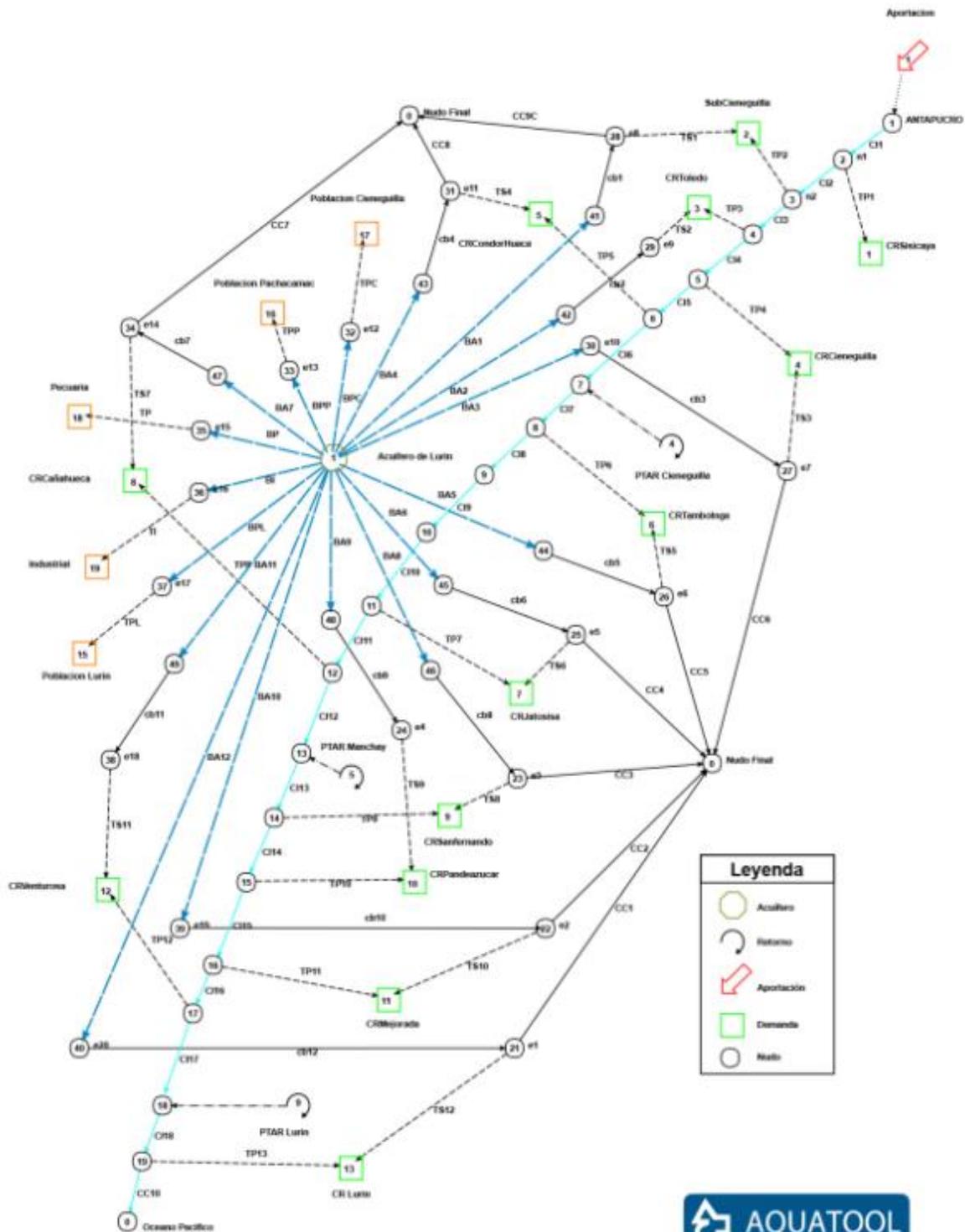
**Figura 31: Regla de operación**

FUENTE: Córdova (2017)

#### 4.4. RESULTADOS

##### 4.4.1. Indicadores iniciales de la cuenca

El modelo SIMGES para la cuenca se representó por un esquema topológico como se muestra en la Figura 32, así como por toda la información ingresada en cada elemento del sistema, así también se muestran los resultados de la simulación de 56 años que proporcionaron los indicadores iniciales (modelo inicial).

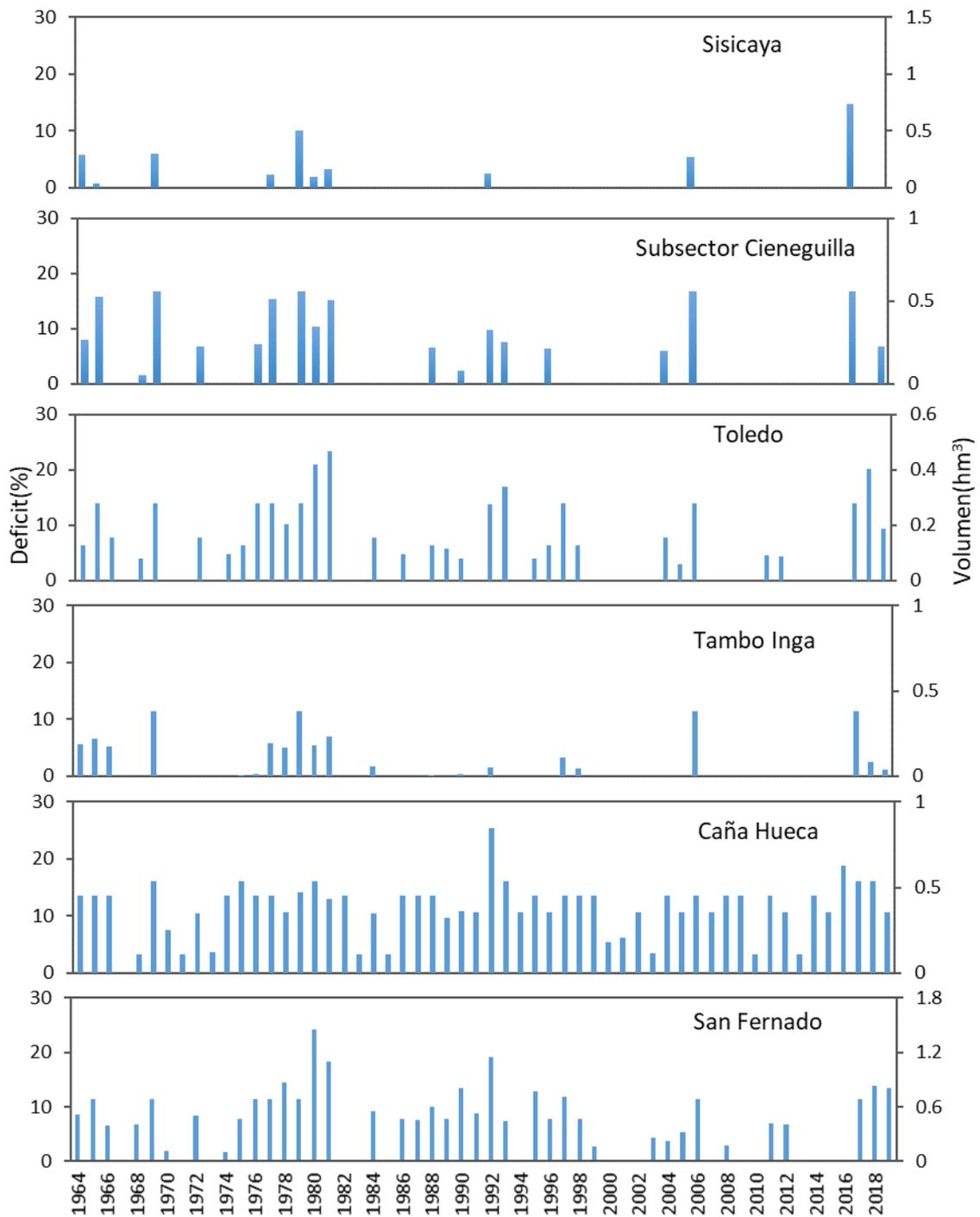


**Figura 32: Modelo SIMGES de la cuenca baja del río Lurín**

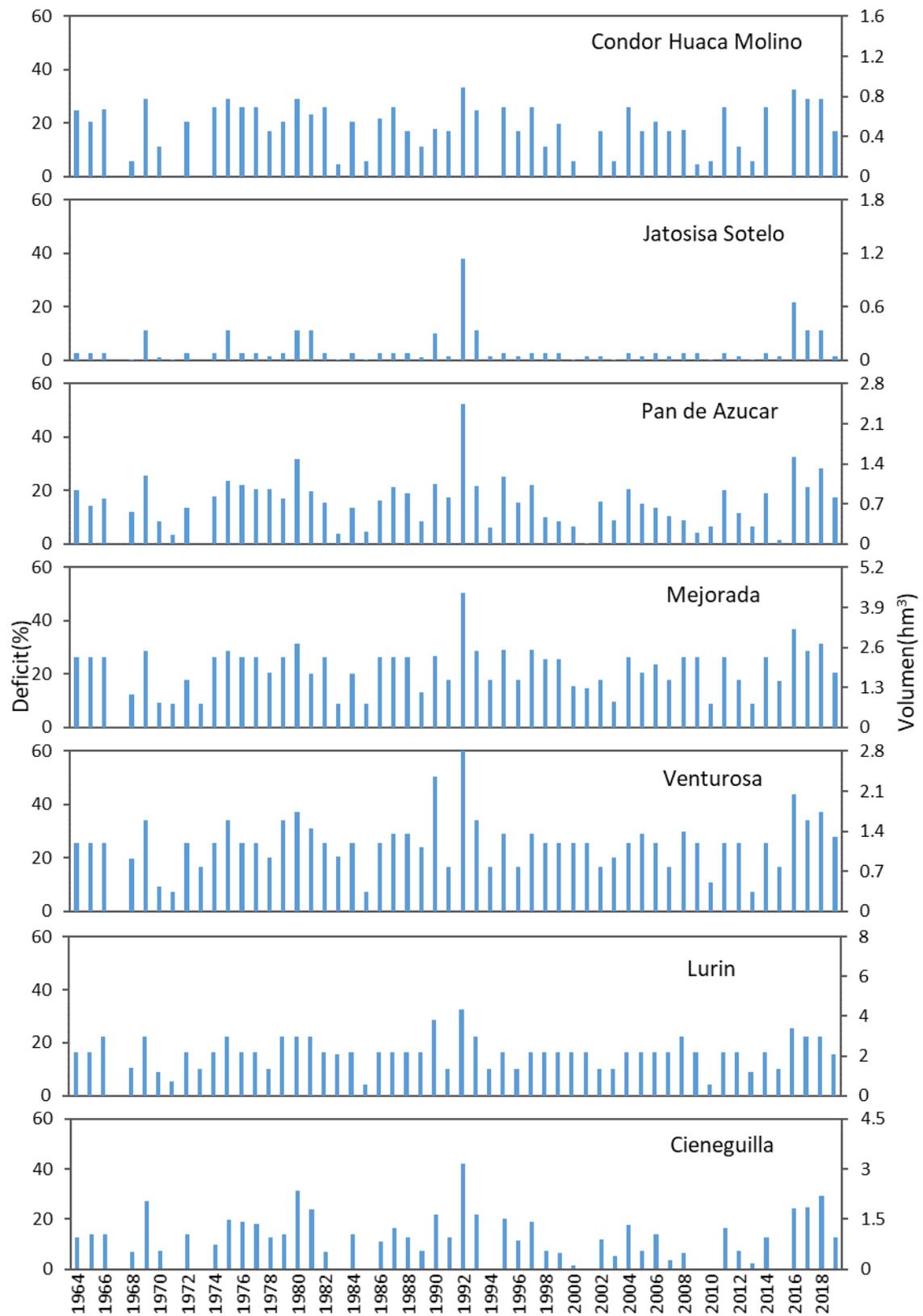
En la Figura 33 se muestra que para la comisión de regantes Sisicaya en los años simulados tenemos un fallo máximo de  $0.738 \text{ hm}^3$  que representa un déficit de 14.31 por ciento, y los demás fallos inferiores al 9.77 por ciento. Para el caso de la comisión del Subsector Cieneguilla tenemos cuatro déficits máximos anuales de 14.89 por ciento que representa un

volumen de 0.556 hm<sup>3</sup> seguido por fallos menores al 14.06 por ciento. En el sector de riego Toledo tenemos un déficit máximo de 23.02 por ciento que equivale a un volumen de 0.465 hm<sup>3</sup> de agua faltante seguido por fallos inferiores al 20.74 por ciento de déficit anual. Para la comisión de regantes Tambo Inga se tiene cuatro fallos máximos de 10.32 por ciento anual que equivale a un volumen de 0.379 hm<sup>3</sup> de agua faltante para este sector de riego así mismo los fallos restantes son menores al 6.26 por ciento. Para la demanda de Caña Hueca se tiene un déficit máximo de 23.36 por ciento siendo un volumen de 0.849 hm<sup>3</sup> de recurso agua faltante y el segundo pico de mayor de déficit es 17.17 por ciento. Para el caso de la comisión de regantes San Fernando hay una escasez máxima de 1.449 hm<sup>3</sup> que equivale a un fallo 23.19 por ciento además en esta comisión se tiene que los demás fallos son menores al 18.42 por ciento.

Como se observa en la Figura 34 para la comisión de regantes Cóndor Huaca Molino se tiene un déficit 0.886 hm<sup>3</sup> que evidencia un 35.65 por ciento de escasez seguido por fallos inferiores al 34.92 por ciento, en sector de riego Jatosisa Sotelo se tiene un pico de ausencia de agua de 1.143 hm<sup>3</sup> que equivale a un 37.7 por ciento sobre la demanda anual además los déficits restantes para este sector son inferiores al 21.3 por ciento. En los sectores de riego que pertenecen a la comisión Pan de Azúcar se tiene un fallo máximo de 55.19 por ciento que es un volumen faltante de 2.451 hm<sup>3</sup> para cubrir la demanda anual y los déficits restantes tuvieron un valor inferior al 34.32 por ciento. Para el caso del sector de riego Mejorada se tuvo un fallo máximo de 4.381 hm<sup>3</sup> de agua que representa un déficit de 48.9 por ciento siendo el segundo pico más alto de 35.54 por ciento, mientras que en la comisión de regantes Venturosa el fallo más significativo es de 60.01 por ciento que representa un volumen de agua de 2.61 hm<sup>3</sup> teniendo un segundo fallo inferior al 54.26 por ciento de déficit sobre la demanda. En la comisión de regantes Lurín se tuvo el fallo de mayor magnitud 4.338 hm<sup>3</sup> que equivale al 30.46 por ciento seguido por fallos menores al 23.72 por ciento. Para la comisión de regantes de Cieneguilla se tiene un déficit máximo de 41.59 por ciento que constituye una carencia de 3.171 hm<sup>3</sup> así mismo se tiene 47 fallos inferiores al 32.65 por ciento sobre la demanda anual.

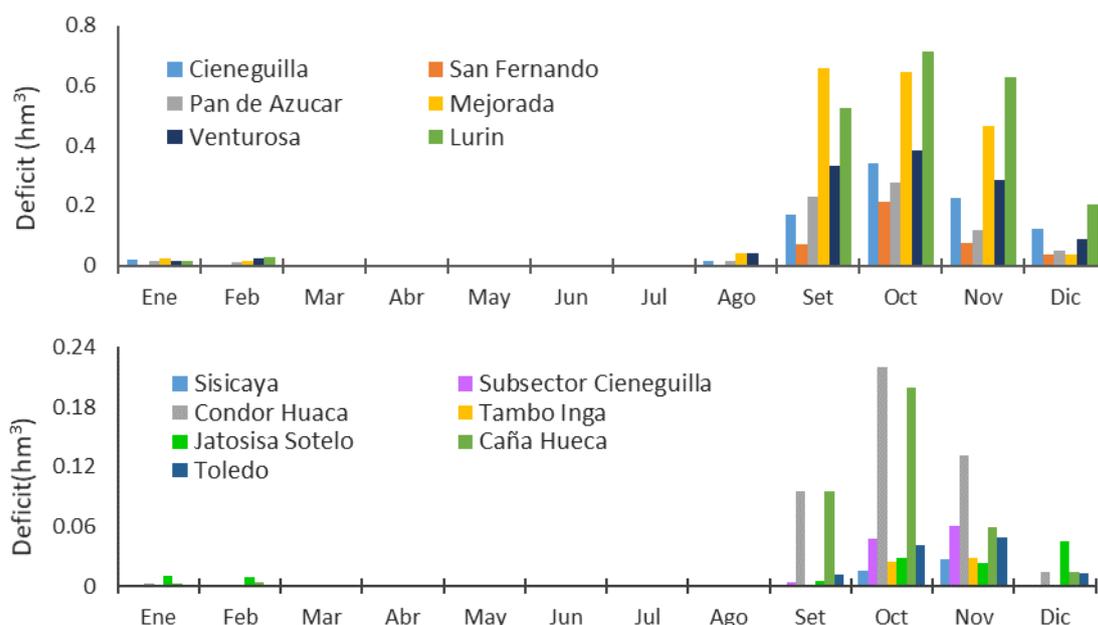


**Figura 33: Déficit anual según comisión de regantes en la cuenca baja del río Lurín: Sisicaya, Subsector Cieneguilla, Toledo, Tambo Inga, Caña Hueca y San Fernando**



**Figura 34: Déficit anual según comisión de regantes en la cuenca baja del río Lurín: Cónдор Huaca Molino, Jatosisa Sotelo, Pan de Azúcar, Mejorada, Venturosa, Lurín y Cieneguilla**

En la Figura 35 (panel superior e inferior) se observan los promedio mensuales de los déficits que ocurren en cada comisión de regantes, se tiene que en los sectores con mayor déficit como es el caso de la comisión de regantes de Mejorada y Lurín presentan un déficit mensual  $0.78 \text{ hm}^3$  y  $0.82 \text{ hm}^3$  en los meses de octubre y noviembre respectivamente, se puede observar también que en la comisión de regantes Pan de Azúcar el mayor déficit correspondiente al mes de septiembre con un volumen de agua de  $0.37 \text{ hm}^3$ , para el caso de las áreas de comisión Cónдор Huaca Molino el máximo déficit es  $0.22 \text{ hm}^3$  que se suscita en el mes de octubre, de un modo similar en el caso de la comisión de Jatosisa Sotelo se presenta el mayor déficit en el mes de diciembre con valor de  $0.21 \text{ hm}^3$ . En general, de todos los déficits mensuales los de mayor magnitud se presenta desde septiembre hasta diciembre, se observa que los déficits menores se presentan en los meses de enero con valores muy similares los que dan en el mes julio también se aprecia que entre los meses de febrero y junio la demanda agrícola está totalmente abastecida.



**Figura 35: Promedio mensual de los déficits en la simulación del modelo inicial en las comisiones de regantes de Cieneguilla, Pan de Azúcar, Venturosa, San Fernando, Mejorada, Cónдор Huaca Molino, y Lurín (Panel superior) así como en las comisiones Sisicaya, Cónдор Huaca Molino, Jatosisa Sotelo, Toledo, Subsector Cieneguilla, Tambo Inga y Caña Hueca (Panel inferior)**

#### 4.4.2. Planteamiento de medidas

Se realizó el planteamiento de las medidas a través de los escenarios y el análisis de los resultados producto de la simulación de dichos escenarios.

##### a. Escenario 1

En el Escenario 1 se consideró el incremento a 80 por ciento del volumen de agua de retorno de la demanda poblacional para su reutilización, así como la variación de los valores para la demanda agrícola los cuales se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9: Demanda hídrica mensual (hm<sup>3</sup>) para una eficiencia de riego de 55 por ciento**

Comisión de regantes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Sisicaya	0.477	0.509	0.468	0.290	0.182	0.044	0.032	0.168	0.239	0.388	0.465	0.485
Subsector.Cieneguilla	0.294	0.322	0.310	0.225	0.122	0.061	0.030	0.150	0.234	0.359	0.383	0.225
Toledo	0.171	0.159	0.152	0.118	0.093	0.073	0.068	0.082	0.097	0.130	0.153	0.175
Cieneguilla	0.686	0.817	0.825	0.566	0.261	0.171	0.124	0.244	0.357	0.457	0.421	0.616
Cóndor Huaca M.	0.181	0.125	0.137	0.124	0.070	0.041	0.012	0.108	0.222	0.330	0.290	0.168
Tambo Inga	0.337	0.408	0.314	0.205	0.140	0.066	0.010	0.125	0.200	0.298	0.305	0.262
Jatosisa Sotelo	0.331	0.468	0.336	0.195	0.095	0.041	0.003	0.065	0.111	0.133	0.135	0.291
Caña Hueca	0.281	0.381	0.319	0.145	0.075	0.037	0.011	0.134	0.295	0.398	0.288	0.278
San Fernando	0.534	0.625	0.430	0.213	0.189	0.155	0.054	0.325	0.524	0.571	0.390	0.533
Pan de Azúcar	0.363	0.486	0.539	0.263	0.159	0.070	0.023	0.165	0.346	0.341	0.212	0.263
Mejorada	0.651	0.853	1.336	0.705	0.143	0.048	0.037	0.320	0.694	0.728	0.702	0.298
Venturosa	0.374	0.491	0.406	0.254	0.077	0.059	0.024	0.158	0.294	0.355	0.344	0.328
Lurín	0.828	1.128	1.565	1.116	0.535	0.247	0.190	0.510	0.918	1.092	1.152	1.074

En la Figura 36 se muestra la distribución de fallos anuales en las comisiones de regantes, dicha distribución se ordenó en tres grupos así tenemos los déficits inferiores al cinco por ciento, los déficits entre el cinco y el 20 por ciento y finalmente los déficits superiores al 20 por ciento. En las comisiones de regantes Pan de Azúcar, San Fernando y Tambo Inga se tiene la mayor cantidad de fallos superiores al 20 por ciento con 19, 13 y siete años respectivos así mismo para dichas comisiones los déficits entre el cinco y el 20 por ciento fueron de 31, 29 y 13 años. En el sector de riego Venturosa, Toledo y Cieneguilla hay una escasez mayor a un 20 por ciento de agua en seis años simulados y cuatro años para las dos últimas comisiones mencionadas. Así mismo, en la comisión de regantes Venturosa se tiene 33 años con una falta de agua sobre la demanda anual que se encuentra entre el cinco y el 20 por ciento. Finalmente, cabe precisar que las comisiones de regantes Lurín, Caña Hueca y Mejorada son los sectores con mayor cantidad de años simulados donde el déficit es inferior

al cinco por ciento de 45, 35 y 26 de años simulados así mismo en la comisión de regantes Jatosisa Sotelo se presentó 12 años con algún valor de déficit y en los 44 años restantes no se presentaron ningún fallo.



**Figura 36: Cantidad de años para cada comisión de regantes de acuerdo a la magnitud de los déficits hídricos producto de la simulación del Escenario 1**

## b. Escenario 2

En este escenario se consideró un embalse que se incorporó al modelo como se puede apreciar en Anexo 5; el dimensionamiento de volumen útil se calculó siguiendo el procedimiento del pico secuente:

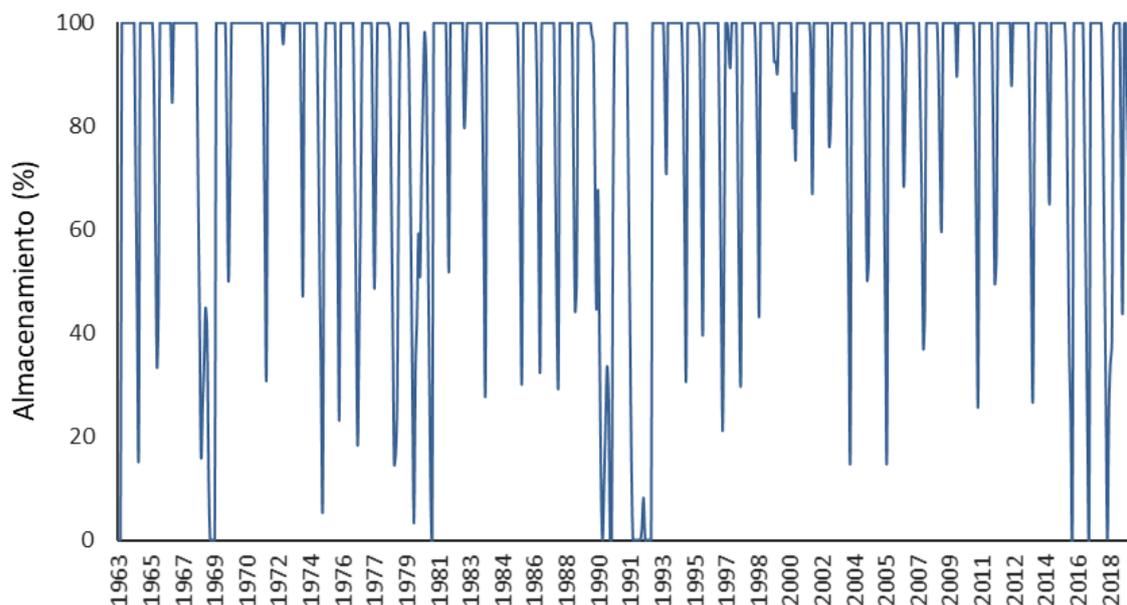
- a) Se calculó la oferta hídrica aguas arriba de la cuenca de estudio, así también se consideró la explotación promedio del acuífero como una aportación al sistema superficial, así como retornos de aguas tratadas para no sobredimensionar el embalse.
- b) Determinar mes a mes la diferencia entre la oferta y la demanda de agua.
- c) Posteriormente se acumularon los valores de la diferencia entre la oferta (O) y la demanda (D) para cada mes (Ver Anexo 6).
- d) Se determinaron los picos en la serie de acumulaciones mencionado en el paso anterior.
- e) El valor del volumen de almacenamiento se determina de la diferencia entre el primer pico menos el valor más bajo antes del siguiente pico como se muestra en la Tabla 10.

El valor del volumen útil de almacenamiento según el procedimiento antes mencionado y los cálculos de los datos que muestran en la Tabla 10 se obtiene que el volumen es igual a  $V = 136.845 - 129.662 = 7.182 \text{ hm}^3$ .

**Tabla 10: Determinación del almacenamiento requerido - Método del Pico Secuente**

Fecha	Oferta (hm <sup>3</sup> )	Demanda (hm <sup>3</sup> )	(O-D)Acumulado (hm <sup>3</sup> )
May-91	5.455	1.959	133.220
Jun-91	3.124	1.069	135.275
Jul-91	2.155	0.585	136.845
Ago-91	1.725	2.386	136.184
Sep-91	1.722	4.292	133.614
Oct-91	2.720	5.190	131.144
Nov-91	4.213	4.776	130.581
Dic-91	3.592	4.510	129.662
Ene-92	7.266	5.032	131.897
Feb-92	9.744	6.262	135.379
Mar-92	15.854	6.669	144.563
Abr-92	9.174	4.128	149.609
May-92	3.928	1.959	151.578
Jun-92	2.663	1.069	153.172
Jul-92	2.300	0.585	154.887
Ago-92	2.132	2.386	154.633
Sep-92	2.342	4.292	152.683

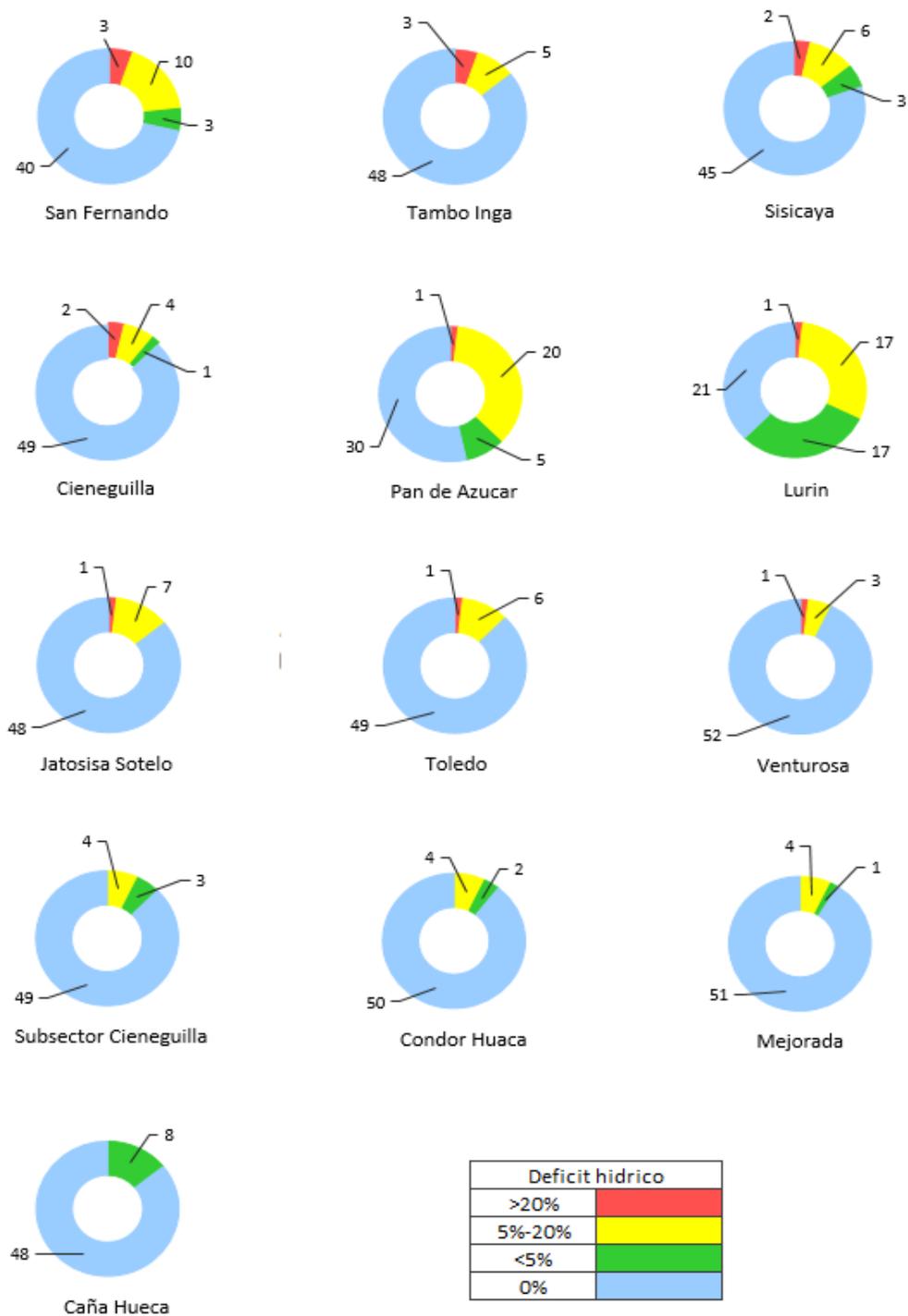
En la Figura 37 se puede apreciar la simulación de operación a nivel mensual del embalse en base al volumen útil ( $7.182 \text{ hm}^3$ ) planteado para el Escenario 2, en la simulación del embalse se obtuvo que existe un vaciado total en 22 meses simulados y dichos meses corresponden a los meses de estiaje.



**Figura 37: Simulación del volumen de almacenamiento embalse en el Escenario 2 a nivel mensual desde 1963-2019**

En la simulación del Escenario 2 se puede observar a las comisiones de regantes con la mayor cantidad de fallos con valores de déficits superiores al 20 por ciento como se muestra en la Figura 38, son los sectores de San Fernando, Tambo Inga, Sisicaya y Cieneguilla con valores de tres años para las dos primeras comisiones y dos años simulados para dos últimas comisiones mencionadas. Así mismo, en las comisiones de regantes de San Fernando, Pan de azúcar y Lurín se presentan la mayor incidencia de fallos con déficit entre el cinco y 20 por ciento con cantidades de 10, 20 y 17 años respectivamente.

En el caso de déficits menores al cinco por ciento las comisiones con mayor cantidad de fallos fueron las comisiones de Lurín y Caña Hueca con 17 y ochos años respectivamente. Así mismo, en los sectores de riego de Venturosa, Cóndor Huanca Molino y Mejorada se presentaron la mayor cantidad de años en las que no se suscitó ningún déficit con valores de 52, 50 y 51 años simulados.

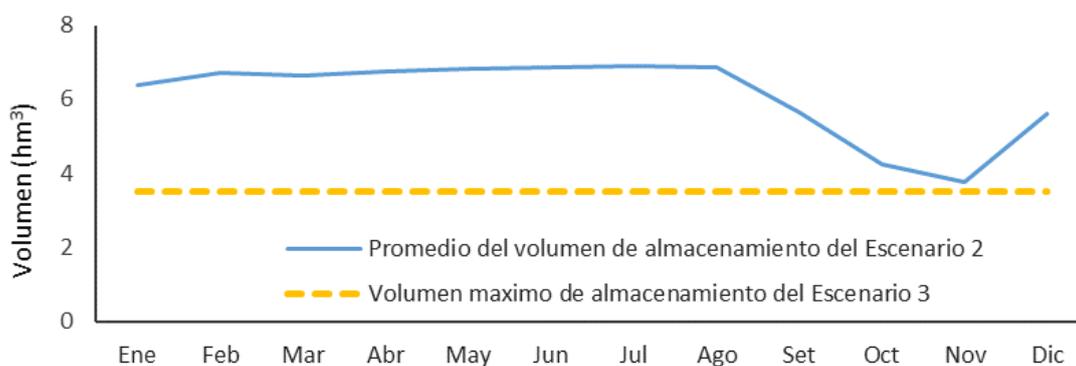


**Figura 38: Cantidad de años para cada comisión de regantes de acuerdo a la magnitud de los déficits hídricos producto de la simulación del Escenario 2**

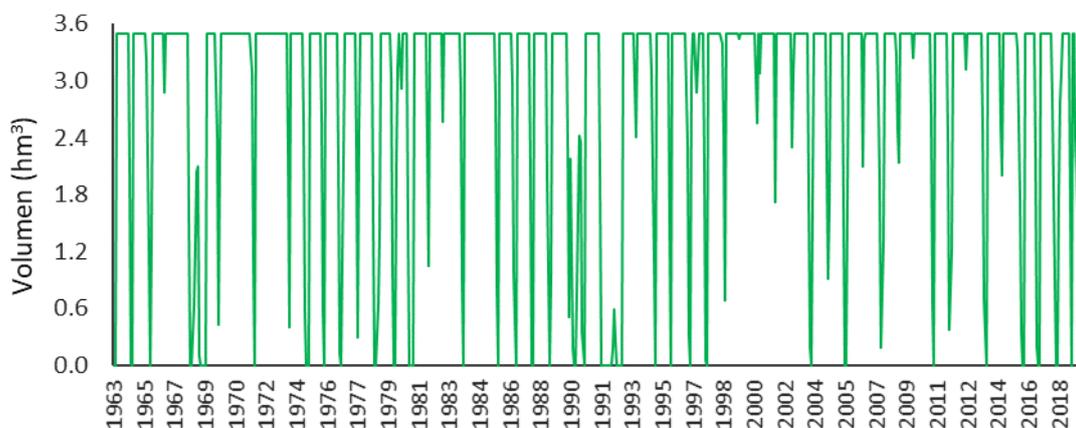
### c. Escenario 3

Para este escenario se consideró las condiciones presentadas en los escenarios uno y dos, además la capacidad útil del embalse se redujo teniendo en cuenta el comportamiento promedio del embalse planteado en el Escenario 2, tal como se muestra en la Figura 39. De

esta forma se estableció para el Escenario 3 un volumen útil  $3.5 \text{ hm}^3$  y en la Figura 40 se muestra el comportamiento del embalse para la simulación a nivel mensual, donde se puede observar que hay mayor cantidad de meses con un vaciado total del embalse, en comparación del Escenario 2. Además, se puede apreciar que para los últimos años hay menor incidencia y el embalse llega a vaciarse por completo.



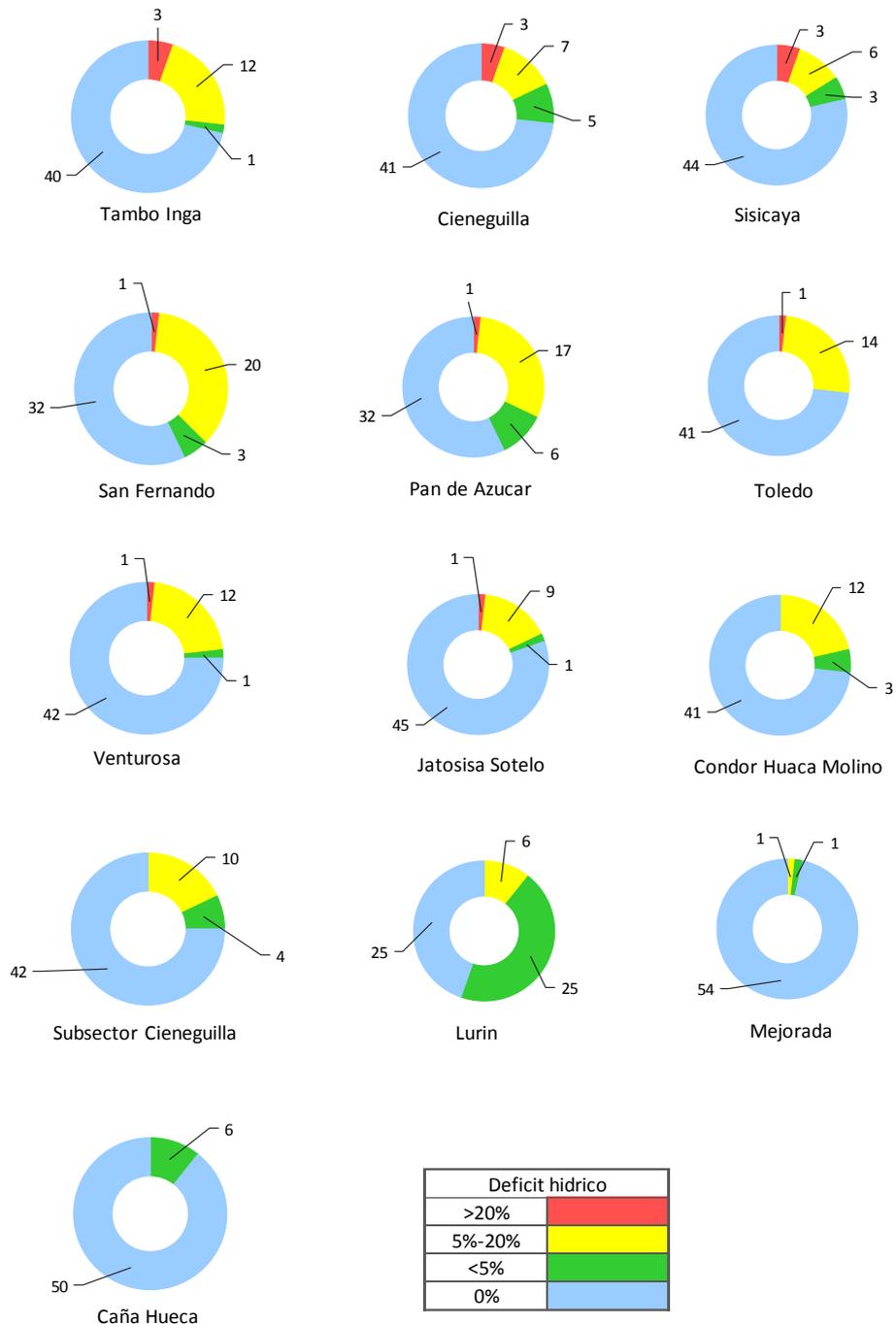
**Figura 39: Promedio mensual de volumen de almacenamiento del embalse del Escenario 2 y planteamiento de volumen de embalse propuesto para el Escenario 3**



**Figura 40: Simulación del volumen de almacenamiento embalse en el Escenario 3 a nivel mensual desde 1963-2019**

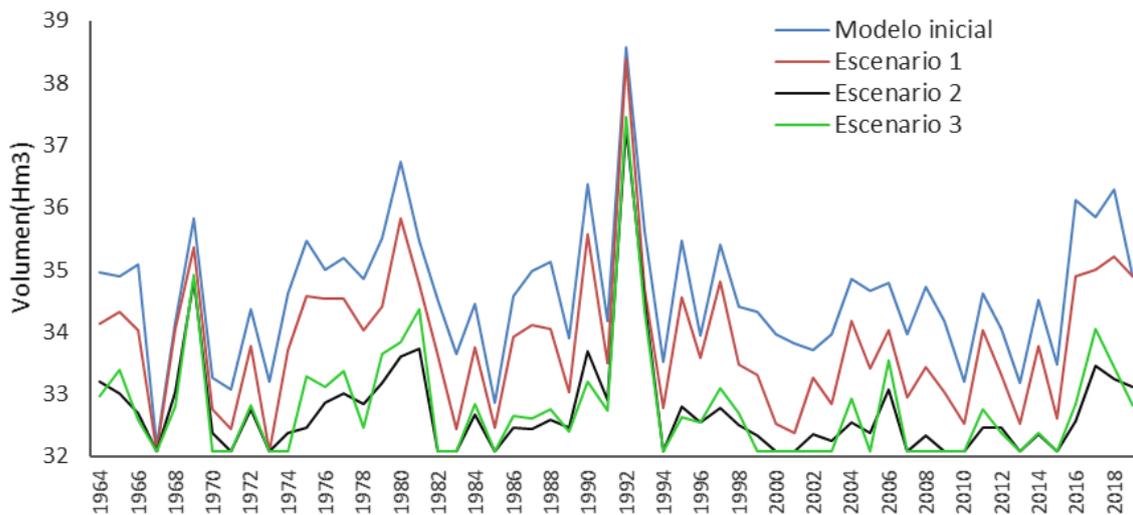
En la Figura 41 se puede ver la distribución de los fallos, en las comisiones de regantes Sisicaya, Cieneguilla y Tambo Inga existen tres déficits superiores al 20 por ciento por cada sector de riego respectivamente. Mientras que para el sector de riego San Fernando, Pan de Azúcar y Toledo se presentan déficits entre el cinco y 20 por ciento en 20, 17 y 14 años respectivamente. En el caso de la comisión de regantes Lurín se muestra seis años con

déficits entre el cinco y 20 por ciento, concentrando la mayor incidencia de fallos a los déficits inferiores al cinco por ciento, que se suscitó en 25 oportunidades. Finalmente, los sectores riego en los cuales se dio la menor cantidad de déficits fueron las comisiones de Jatosisa Sotelo, Caña Hueca y Mejorada debido a que no hubo fallos en 45, 50 y 54 años.



**Figura 41: Cantidad de años para cada comisión de regantes de acuerdo a la magnitud de los déficits hídricos producto de la simulación del Escenario 3**

En la Figura 42 se observa la variación del volumen de agua descargada anualmente en el acuífero según cada uno de los escenarios planteados, además de una comparación respecto al modelo inicial donde se tiene una descarga media anual de  $34.614 \text{ hm}^3$ . Se muestra que el Escenario 2 tiene el menor volumen de agua sustraída; en promedio para el primer escenario se tiene una descarga de  $33.826 \text{ hm}^3$  ( $1.087 \text{ m}^3/\text{s}$ ), para el caso del segundo escenario una extracción promedio de  $32.745 \text{ hm}^3$  ( $1.052 \text{ m}^3/\text{s}$ ) y finalmente para el tercer escenario una explotación media de  $32.794 \text{ hm}^3$  ( $1.054 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

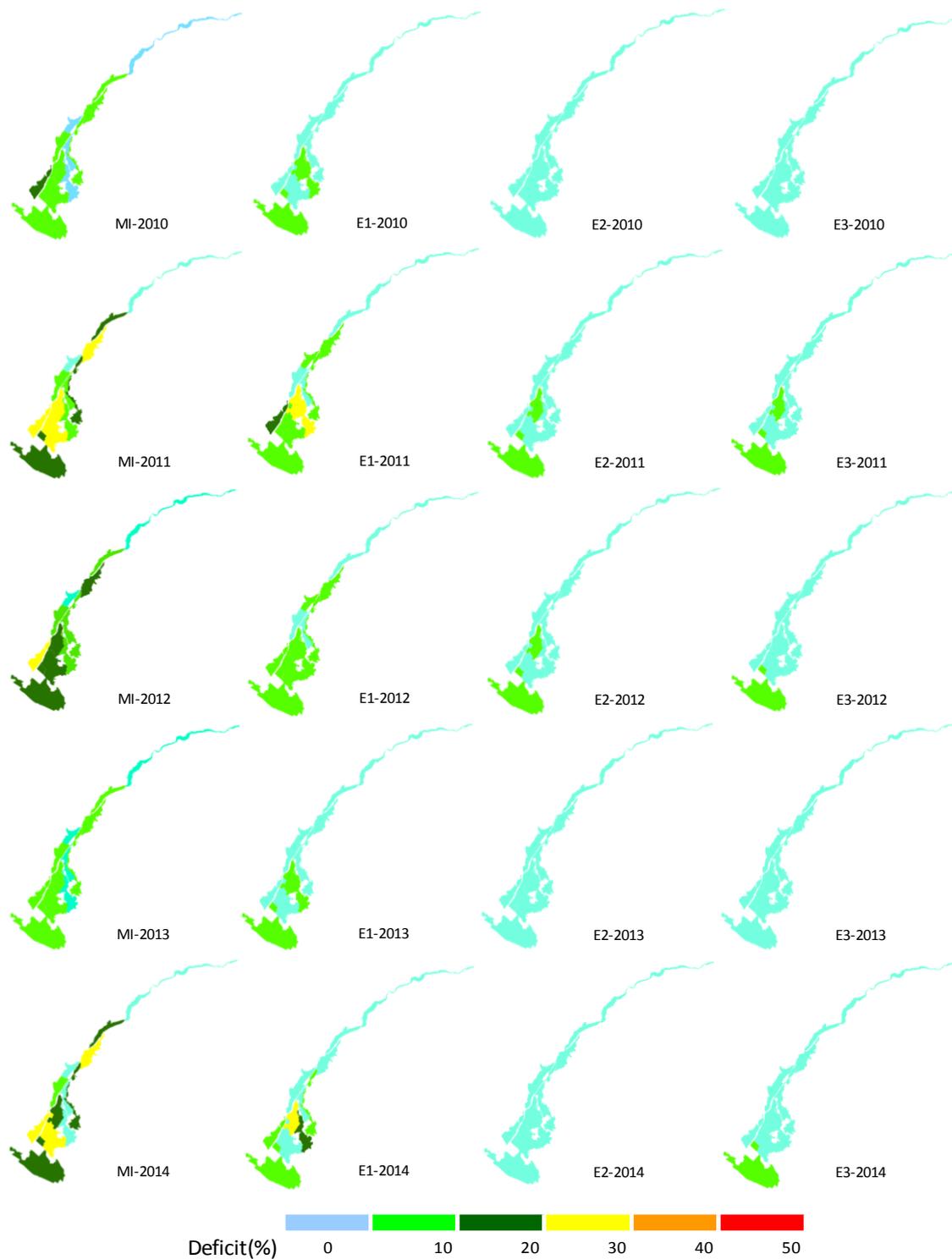


**Figura 42: Volumen anual de agua explotada del acuíferos de Lurín para el modelo inicial y los escenarios planteados**

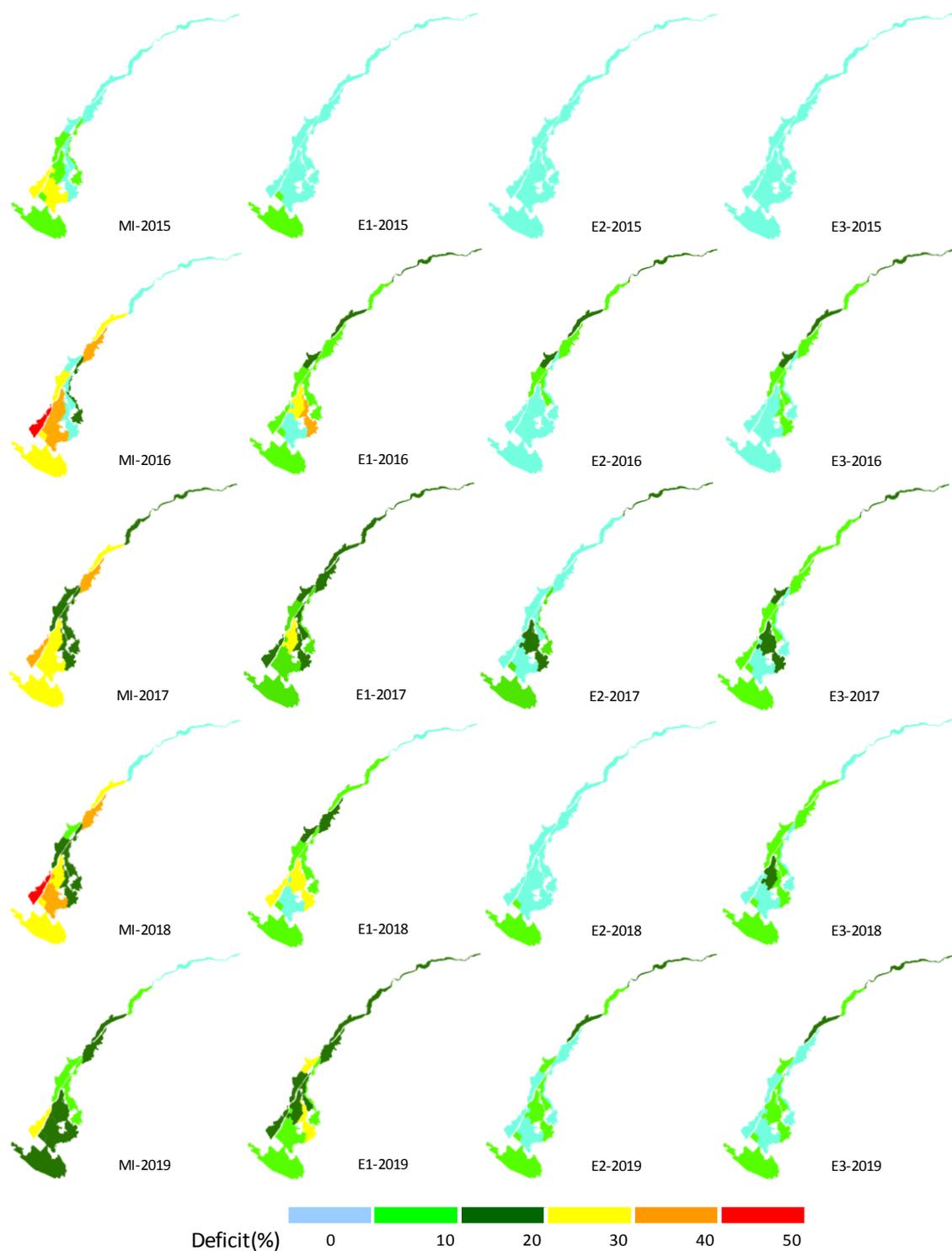
Podemos observar en la Figura 43 los déficits hídricos para las demandas agrícolas para cada comisión de regantes del modelo inicial y los escenarios planteados entre el 2010 y el 2014. Se muestra que en el año 2011 y 2014 para en el modelo inicial y el escenario uno los mayores déficits se encuentran entre el 20 y 30 por ciento, mientras que para los escenarios dos y tres en todos los años se tienen una falta de agua inferior al diez por ciento respecto a la demanda anual.

En el período del 2015 – 2019 como se muestra en la Figura 44 para los años 2016 y 2018 se presentan los mayores déficit llegando hasta el 50 por ciento en algunas comisiones de regantes; con respecto a los escenarios del año 2015 se obtuvieron fallos por debajo del 10 por ciento. Finalmente, se observa que para los escenarios dos y tres entre el año 2016 y

2019 los déficits están con mayor frecuencia en las comisiones de regantes en el orden del 10 y 20 por ciento de déficit hídrico.



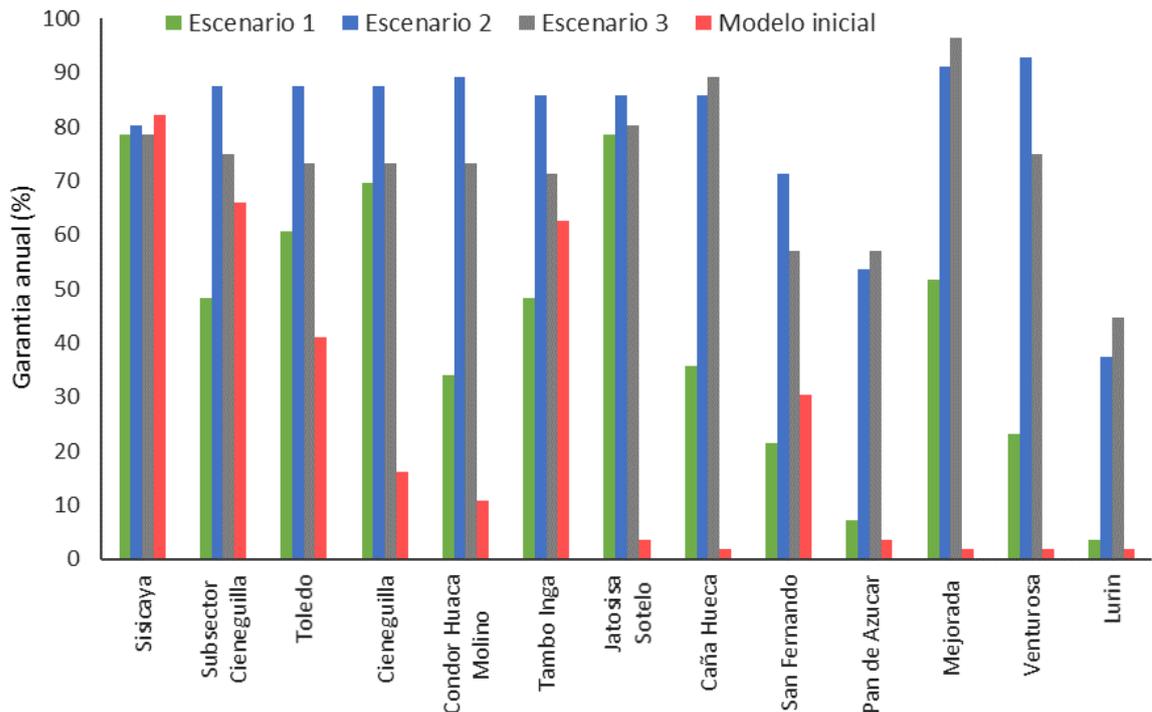
**Figura 43: Déficit hídrico anual en el modelo inicial (MI) y los escenarios (E1, E2 y E3) para cada comisión de riego desde el año 2010 al 2014**



**Figura 44: Déficit hídrico anual en el modelo inicial (MI) y los escenarios (E1, E2 y E3) para cada comisión de riego desde el año 2015 al 2019**

Otro de los criterios de la gestión de los recursos hídricos es determinar la garantía anual de los escenarios como se presentan en la Figura 45. Las garantías en la mayoría de comisiones en el modelo inicial está por debajo del 50 por ciento, para el caso del Escenario 1 se observa

que en ninguna comisión de regantes se supera una garantía mayor al 80 por ciento, en lo que corresponde al Escenario 2 se encuentra solo tres sectores de riego inferiores al 80 por ciento de garantía anual que son San Fernando, Pan de Azúcar y Lurín. Mientras que en el Escenario 3 en las comisiones de regantes Jatosisa Sotelo, Caña Hueca y Mejorada la garantía anual supera el 80 por ciento.



**Figura 45: Garantía anual en cada comisión de regantes para el modelo inicial, Escenarios 1, Escenario 2 y Escenario 3**

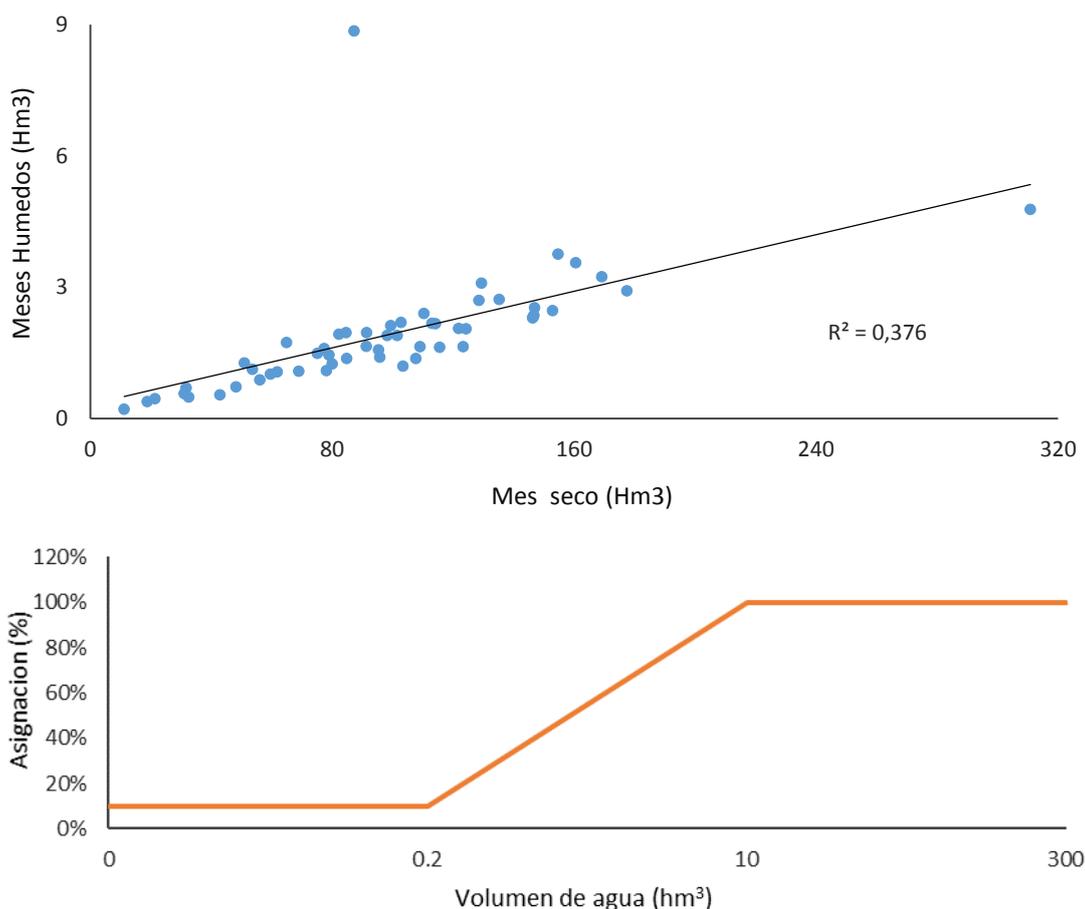
#### 4.4.3. Optimización de escenarios

De acuerdo con el análisis de las garantías y déficits por cada comisión de regantes, así como la distribución de los déficits según su intensidad se planteó reglas de operación a los escenarios uno y dos.

##### a. Optimización del Escenario 1

Si se tiene en cuenta que en cada campaña agrícola existe un déficit hídrico y considerando que no se llega a percibir por la sobreexplotación del acuífero es necesaria alguna medida de planificación de las campañas de riego.

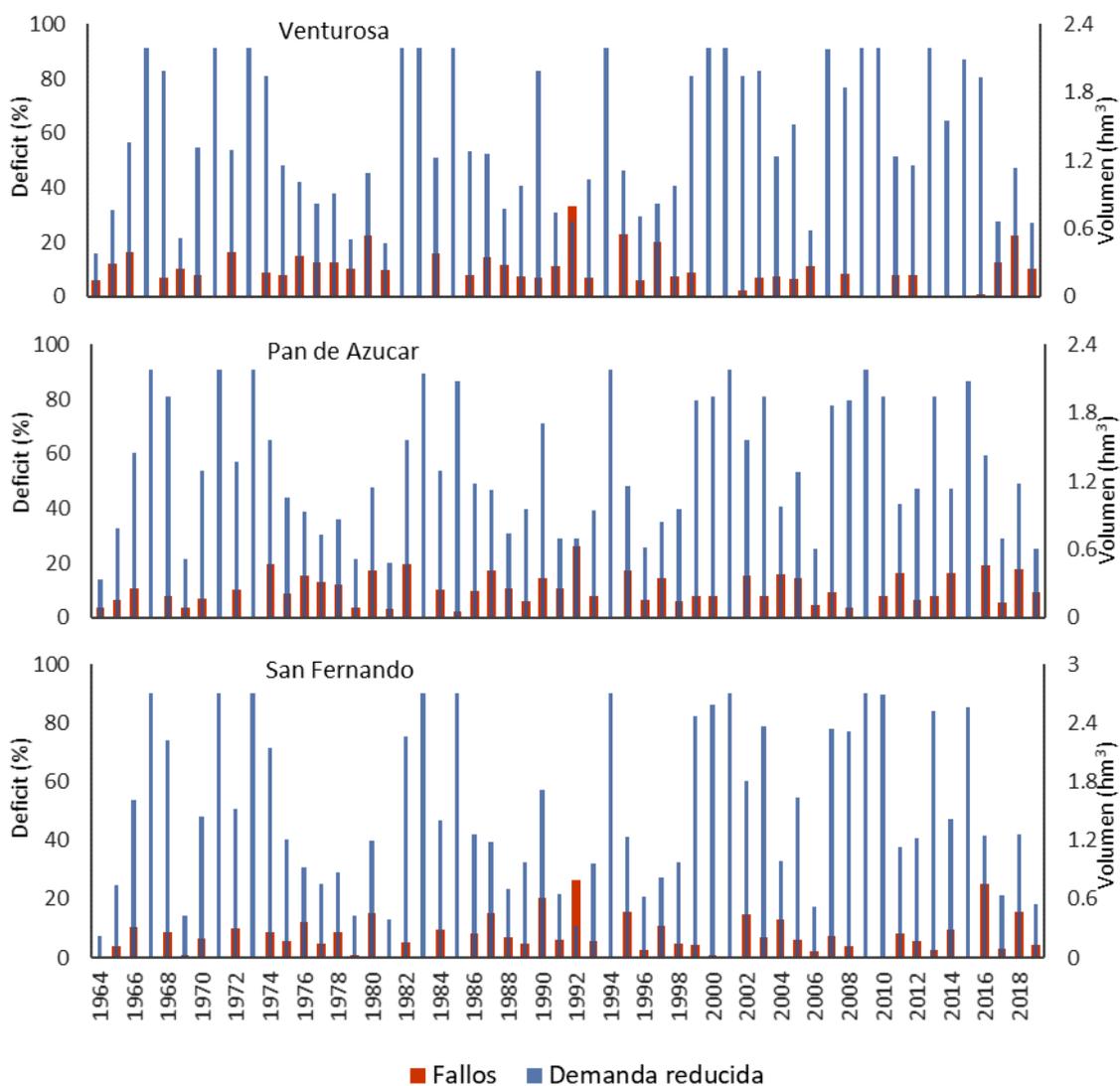
Debido a que en la cuenca no se dispone de un sistema de regulación para estos recursos de forma masiva, se plantea una regla de operación (RO) que basándose en las aportaciones del invierno anterior limiten las superficies que van a cultivar cada año. Para definir esta RO que se muestra en la Figura 46 se planificará el inicio de la campaña agrícola al principio del mes de mayo.



**Figura 46: Regla de operación en función de la asignación para y volumen de agua que se aplicó a el Escenario 1**

El resultado de aplicación de la RO antes mencionada en las comisiones proporcionó los resultados de déficits y volúmenes de agua suministrada que se observan en la Figura 47, para el sector de riego Venturosa se tiene cuatro déficits superiores al 20 por ciento con valores 33.08, 22.65, 22.47 y 20.30 por ciento respectivamente, mientras que en la comisión de regantes Pan de Azúcar solo se tiene un déficit con respecto al PGRHC que corresponde a un valor de 26.20 por ciento y finalmente para el caso de la comisión de regantes San Fernando se tiene tres fallos de 26.38, 25.03 y 20.50 por ciento, que es superior al parámetro

de déficit establecido. Así mismo, en la misma gráfica se muestra el volumen de agua a suministrar para dichos sectores de riego con las nuevas reglas de operación y en la cual para muchos años simulados el suministro se reduce por debajo de la mitad del volumen de suministro antes de aplicar la RO manteniendo fallos menores al 20 por ciento de déficits.

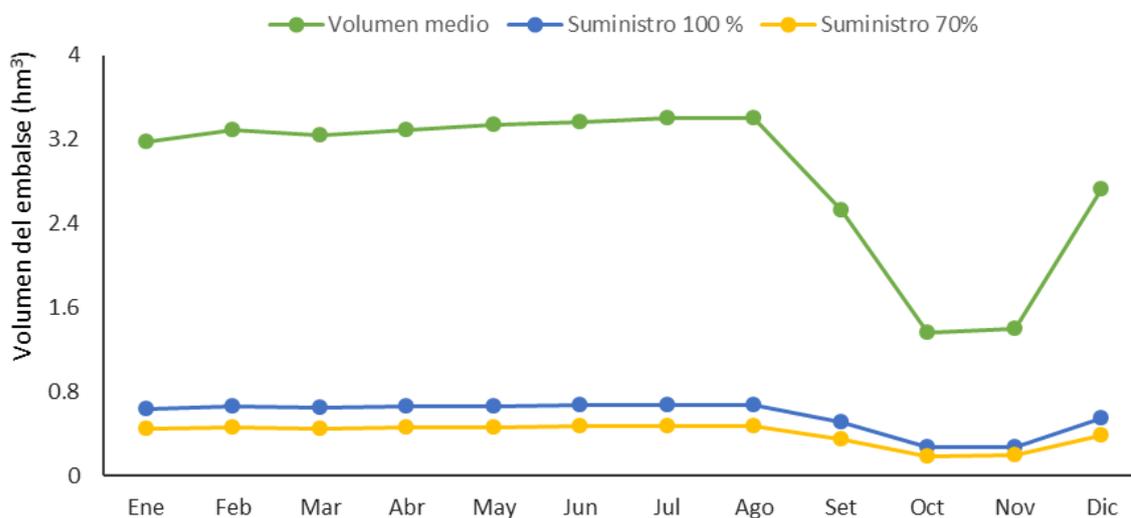


**Figura 47: Déficit hídricos y demandas a nivel anual para las comisiones de regantes Venturosa, Pan de Azúcar y San Fernando producto de la aplicación de la regla de operación**

### b. Optimización del Escenario 3

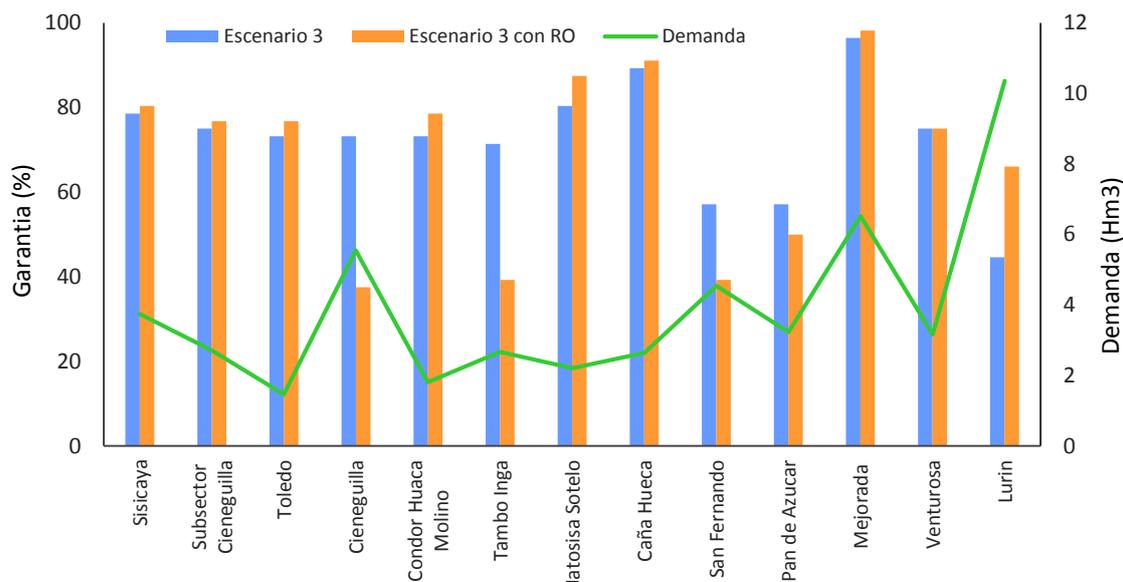
Se planteó una RO sobre la base de la disponibilidad de volumen del embalse y restringiendo la dotación según el déficit de cada comisión de regantes siguiendo las curvas a nivel

mensual que muestran en la Figura 48 con la finalidad de incrementar las garantías anuales reduciendo el suministro en tres comisiones de regantes que tienen las mayores cantidades de fallos superiores al cinco por ciento.



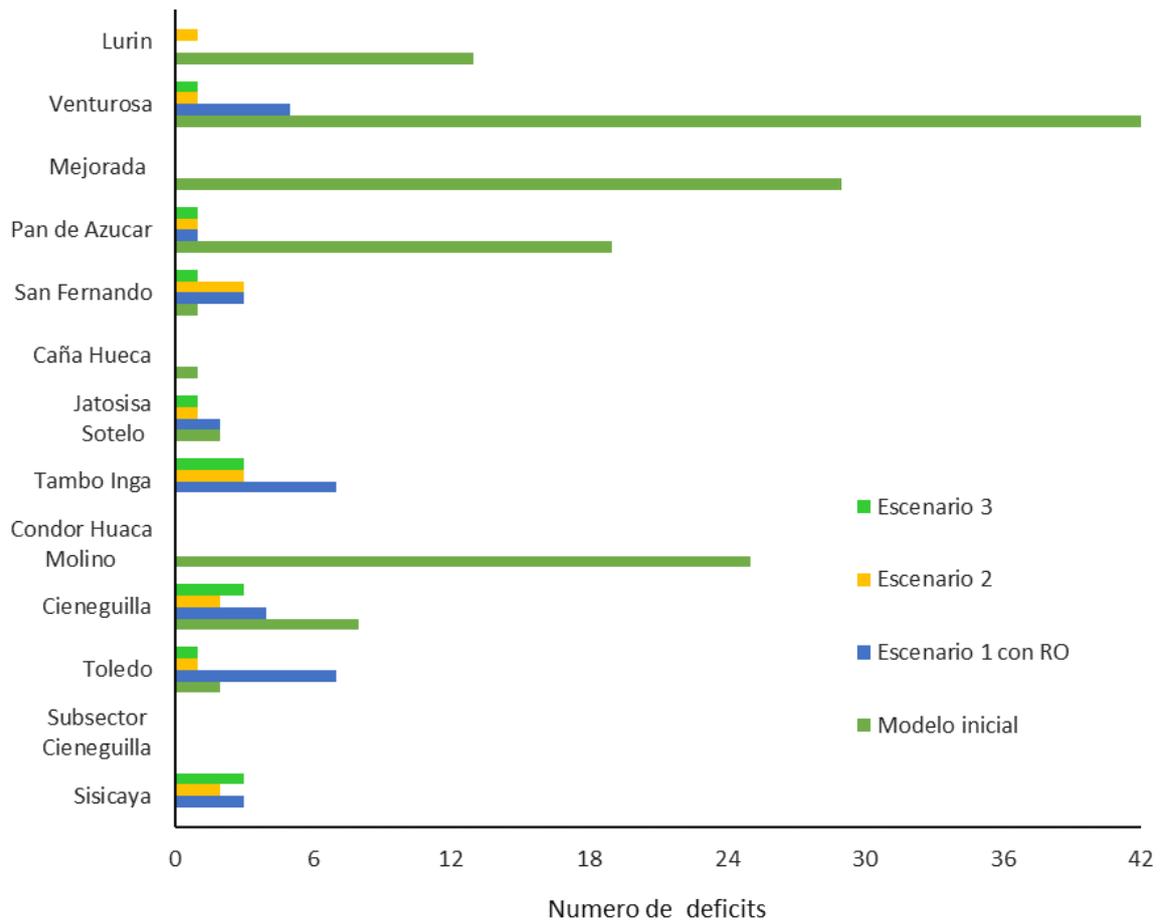
**Figura 48: Suministro en función del volumen del embalse para la aplicación de la regla de operación en el Escenario 3**

En la Figura 49 se muestra que los resultados luego de aplicar la RO en las comisiones de regantes Tambo Inga, San Fernando y Pan de Azúcar, se observa que la garantía de suministro se reduce en las tres comisiones antes mencionada incluso se reduce la garantía en la comisión de regantes Cieneguilla por debajo del 50 por ciento. Así mismo, el comportamiento en las nueve comisiones restantes las garantías se incrementan levemente, solo se obtuvo un incremento considerable en el sector de riego Lurín donde se puede apreciar que es la comisión de regantes con mayor volumen a suministrar.



**Figura 49: Garantía anual para el Escenario 3 antes y después de aplicar la RO, demanda anual de agua promedio de cada comisión de regantes**

Luego de evaluar los escenarios y RO aplicadas con respecto al modelo inicial se procedió a evaluar los fallos en cada comisión con déficits superiores al 20 por ciento como se observa en la Figura 50 para las medidas más óptimas según la evaluación de garantías anuales, así tenemos que para la comisión de Cónдор Huaca Molino todas las medidas planteadas reducen de 25 fallos a cero, de la misma forma ocurre en sector de riego Mejorada de 29 años simulados a cero. El escenario 1 aplicando la RO optimiza el recurso parcialmente al reducir la cantidad de fallos principalmente en Venturosa y Cieneguilla, pero la incrementa a siete años en la comisión de Tambo Inga y finalmente para los escenarios dos y tres se observa que las cantidades de fallos se reduce drásticamente con respecto al modelo inicial.



**Figura 50: Cantidad de fallos superiores al 20 por ciento de déficits para todas las comisiones de regantes**

## **V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

- En la valoración de todas las medidas planteadas para la gestión de los recursos hídricos se determinó que para mejorar los índices de gestión de oferta y demanda en la cuenca se debe implementar las medidas que se expresaron en el Escenario 3, que corresponde en incrementar la eficiencia de riego de 55 por ciento, el uso aguas residuales del consumo poblacional para fines de riego e implementación de un sistema de embalses con un volumen útil de 3.5 hm<sup>3</sup>.
- La planificación de las campañas agrícolas son una de las opciones para afrontar la posible falta de agua, la cual se verificó en la aplicación de una regla de operación en el Escenario 1, demostrándose que para el caso de la comisión de regantes Venturosa de los 42 fallos que se dieron el modelo inicial, aplicando la regla de operación se redujo a solo 5 años con déficits superiores al 20 por ciento. Así mismo cabe precisar que no todas las reglas de operación que se aplicaron son efectivas como se observó en el Escenario 3, estas últimas mencionadas se deben ajustar para su aplicación e implementación.

### **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda recopilar mayor cantidad de data sobre el uso y manejo de agua subterránea del acuífero del río Lurín, información que debe estar registrada por entidades como SEDAPAL y SUNASS, recopilación de datos para inventariado de pozos y licencias de uso de agua por la población en la cuenca. Así mismo, definir bien los parámetros y características hidráulicas del lecho del río Lurín para su modelación conjunta en la interacción acuífero-río.

- Implementar el modelo SIMGES para la gestión del recurso hídrico por parte de las comisiones de regantes, complementar y adaptar el modelo anualmente a sus proyecciones de siembras y monitorear el comportamiento a posibles meses y años de falta de agua superficial y control de volumen de agua extraída del acuífero. Así como plantear políticas para el empleo conjunto del recurso hídrico de todas las actividades desarrolladas por los actores en el valle, estudios de factibilidad para la construcción de pequeños embalses, así como recuperar el volumen de almacenamiento del acuífero, otra de las políticas.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andreu, J.; Solera, A.; Capilla, J. & Ferrer, J. (1992). Modelo SIMGES de simulación de la gestión de recursos hídricos, incluyendo utilización conjunta. Universidad Politécnica de Valencia.
- Aparicio, F. (1989). Fundamentos de Hidrología de Superficie. México: EDITORIAL LIMUSA S.A.
- Balairón, L. (2000). Gestión de Recursos Hídricos. Barcelona: Edicions de la Universitat Politécnica de Catalunya, SL.
- Bessa, R.; Sanches, L.; Vitor, R. & Leal, F. (8 de Julio de 2019). Development of a Hydrologic and Water Allocation Model to Assess Water Availability in the Sabor River Basin (Portugal). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, pág. 25.
- Bianucci, S. (2013). *Gestión optima de embalses en avenidas incorporando el concepto de incertidumbre. Aplicación a embalses con central hidroeléctrica*. Universidad Politécnica de Madrid.
- CGDD (Centro Global para el Desarrollo y la Democracia); CIED (Centro de Investigación, Educación y Desarrollo). (Julio de 2010). Diagnostico socioeconómico de la cuenca del río Lurín. Lima.
- Chávez, A.; Garrote, L.; Sordo, A. & Martin, F. (2013). Caracterización del comportamiento de los sistemas de recursos hídricos en un contexto de cambio climático mediante indicadores. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 83-95.

- Collazos, G. (Septiembre de 2004). Sistema de soporte de decisión para la evaluación y optimización económica de sistemas de recursos hídricos. Valencia, España: Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Córdova, J. (2016). Determinación del volumen útil del embalse Purapa en la subcuenca Vichaycocha. Lima, Perú: Tesis para optar el título de Ingeniero Agrícola.
- Córdova, J. (2017). *Tesis: Estudio del concepto de seguridad de riego, su relación con reglas de regulación de embalses y funciones de beneficio agrícola, caso embalse Las Palmas, V región, Chile*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Roma.
- FAO. (2013). Afrontar la escasez del agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria. Roma.
- FAO. (2013). Reutilización del agua en la agricultura: ¿Beneficio para todos? Roma.
- Hargreaves, G. & Samani, Z. (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature. Applied Eng. inc Agric.
- Huerta Loera, S. (2010). Funcionamiento de vasos. Tesis para optar título de Maestro en Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.
- IGME (Instituto Geológico y Minero de España). (2010). Desarrollo sostenible, uso conjunto y gestión integral de los recursos hídricos. Alicante, España.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática); MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego). (Julio de 2013). Resultados definitivos: IV Censo Nacional Agropecuario 2012. Lima.

- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática). (s.f.). Compendio estadístico Perú 2015. Lima.
- Meléndez, D.; Ramos, L.; Velásquez, T. & Altamirano, L. (Marzo de 2021). Simulación con un modelo hidrológico distribuido de tipo conceptual a escala diaria en una cuenca semiárida del río Lurín, Perú. 17-29. Chile.
- MINAG (Ministerio de Agricultura). (Agosto de 2004). Estudio Hidrológico de la cuenca del río Lurín, Informe Final. 141 p. Lurín, Perú.
- MINAG (Ministerio de Agricultura). (Noviembre de 2005). Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle Lurín. Lima.
- MINAG (Ministerio de Agricultura). (Julio de 2008). Obras de control y medición de agua por bloques de riego en el valle Lurín. Lima.
- MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Riego); ANA (Autoridad Nacional del Agua). (2012). Plan Nacional de Recursos Hídricos. Anexo V, Directrices Coordinación PGRHC.
- MML (Municipalidad Metropolitana de Lima). (2012). Plan de ordenamiento territorial de las cuencas Lurín-Chilca.
- Molinos, M.; Hernandez, F.; Mocholi, M. & Sala, G. (2013). Optimización de la gestión de recursos hídricos en cuencas deficitarias. *ASEPUMA N°21* (pág. 19). Universidad de Valencia.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2009). Informe sobre Desarrollo Humano Perú 2009.

- Rodríguez, A.; Souto, J. & Casares, J. (1990). Síntesis de redes de intercambiadores: análisis comparativo de dos procedimientos basados en la programación lineal. *Revista Internacional de Métodos Numéricos para Cálculo y Diseño en Ingeniería*, 527-541.
- SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). (Septiembre de 2014). Modelo matemático del acuífero Lurín - Actualización.
- SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima). (2019). Obtenido de <http://www.sedapal.com.pe/tratamiento-de-aguas-residuales>
- Solera, A.; Paredes, J. & Andreu, J. (s.f.). AQUATOOL + : Manual de usuario.
- Tenreiro, R. D.-R. (2003). Pequeños Embalses de Uso Agrícola. En C. y. director. Madrid: Grupo mundi-Prensa.
- Winter, T.; Judson, W.; Franke, O. & WM, A. (1998). Groundwater and surface water a single resource. Denver: U.S.Geological Survey.
- WWAP (World Water Assessment Programme). (2015). Agua para un mundo sostenible: Datos y cifras.

## VII. ANEXOS

### Anexo 1: Tabla de cedula de cultivos

<b>Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Sisicaya</b>												
Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00
Frutales	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.00	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Hortalizas invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00
Maíz choclo inviern.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Maíz choclo verano	3.00	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00
Maíz pardo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18
Maíz pardo verano	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Membrillo	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46	0.00	0.00	2.46	2.46	2.46	2.46	2.46
Manzano	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91	0.00	0.00	1.91	1.91	1.91	1.91	1.91
Palta Fuerte	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97	1.97
Yuca	0.08	0.08	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
<b>Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Sub Sector Cieneguilla</b>												
Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75	2.75
Ají amarillo invierno	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Ají amarillo verano	6.05	6.05	6.05	6.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.05
Berenjena Invierno	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	10.69	10.69	10.69	10.69	0.00
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
Cebolla verano	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chala invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.49	2.49	2.49	0.00	0.00
Chala verano	1.14	1.14	1.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.14
Flores	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Frejol invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.45	4.45	4.45	4.45	0.00
Frejol verano	0.00	1.18	1.18	1.18	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fresa	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Frutales	15.81	15.81	15.81	15.81	15.81	15.81	0.00	15.81	15.81	15.81	15.81	15.81
Grass y jardines	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Hortalizas invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.15	4.15	4.15	0.00	0.00
Hortalizas verano	2.05	2.05	2.05	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maíz choclo inviern.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.24	21.24	21.24	21.24	0.00
Maíz choclo verano	19.03	19.03	19.03	19.03	19.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manzano	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75	0.00	0.00	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75
Palta fuerte	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63	8.63
Tomate invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.30	6.30	6.30	6.30	0.00
Tomate verano	5.80	5.80	5.80	5.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.80
Tuna	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

Vainitas invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	1.90	1.90	1.90	0.00
Vainitas verano	3.86	3.86	3.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.86
Yuca	0.59	0.59	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59
Zapallo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.91	0.91	0.91	0.00	0.00
Zapallo verano	0.74	0.74	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Toledo**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Grass y Jardines	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Flores	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Cieneguilla**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79	2.79
Ajé amarillo verano	16.15	16.15	16.15	16.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.15
Arverja invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	2.20	2.20	0.45	0.45	0.45	0.00	0.00
Arverja verano	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00
Camote verano	1.75	1.75	1.75	1.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.75
Coliflor verano	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chala invierno	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Flores	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Frejol invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Frejol verano	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Frutales	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59	0.00	7.59	7.59	7.59	7.59	7.59
Grass y jardines	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Hortalizas invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00
Hortalizas verano	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	3.31	3.31	3.31	0.00	11.31	11.31	11.31	0.00	0.00
Maíz chala verano	8.31	8.31	8.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.31
Maíz choclo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
Maíz choclo verano	8.70	8.70	8.70	8.70	8.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manzano	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Palte fuerte	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62	6.62
Pallar verano	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25
Pasto rodes	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35	9.35
Pecanas	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Pimiento verano	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
Vainitas verano	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
Vid	1.15	1.15	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Yucas	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Cóndor Huaca Molino**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ajé amarillo invierno	0.00	0.00	0.00	2.50	2.50	2.50	2.50	16.65	16.65	16.65	16.65	0.00
Ajé amarillo verano	9.60	9.60	9.60	9.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.60
Arverja invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00
Berenjena invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	4.44	4.44	4.44	0.00
Berenjena verano	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coliflor invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Fresa	10.19	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00	0.00	10.19	10.19	10.19	10.19
Frejol invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50

Frutales	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Grass y jardines	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16	1.16
Hortalizas invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	7.50	7.50	7.50	0.00	14.31	14.31	14.31	0.00	0.00
Maíz pardo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Maíz pardo verano	1.90	1.90	1.90	1.90	1.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pimiento invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	3.90	3.90	3.90	0.00
Tomate invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	3.50	3.50	3.50	0.00
Tomate verano	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vainitas invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Yuca	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Zapallito invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
Zapallito verano	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Tambo Inga**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ají amarillo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.50	12.50	12.50	12.50	0.00
Ají amarillo verano	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Berenjena invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00
Berenjena verano	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
Camote verano	1.95	1.95	1.95	1.95		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95
Coliflor invierno	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Chala verano	4.50	4.50	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50
Frejol invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00
Frejol verano	0.44	0.44	0.44	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fresa	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Frutales	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68	0.00	9.68	9.68	9.68	9.68	9.68
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	6.50	6.50	6.50	0.00	5.45	5.45	5.45	0.00	0.00
Maíz chala verano	3.30	3.30	3.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.30
Maíz pardo verano	7.83	7.83	7.83	7.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.83
Membrillo	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	0.00	0.00	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
Manzano	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.00	0.00	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Pallar invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.00
Pallar verano	0.45	0.45	0.45	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Papa invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00
Pasto elefante	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
Pimiento verano	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
Tomate invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.24	0.24	0.24	0.00
Tomate verano	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50
Tuna	1.95	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	1.95	1.95	1.95	1.95
Zanahoria verano	0.25	0.25	0.25	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Jatosisa Sotelo**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ají amarillo verano	14.00	14.00	14.00	14.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.75	3.75	3.75	3.75	0.00
Camote verano	3.95	3.95	3.95	3.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.95
Chala invierno	0.00	0.00	0.00	11.49	11.49	11.49	0.00	5.50	5.50	5.50	0.00	0.00
Chala verano	19.64	19.64	19.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.64
Fresa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Frejol verano	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
Frutales	6.86	6.86	6.86	6.86	6.86	6.86	0.00	6.86	6.86	6.86	6.86	6.86
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	0.43	0.43	0.43	0.00	1.92	1.92	1.92	0.00	0.00
Maíz chala verano	5.42	5.42	5.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.42
Palta fuerte	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Pasto rodes	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Pepinillo verano	0.75	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
Tuna	0.35	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Yuca	3.63	3.63	3.63	0.00	0.00	0.00	0.00	3.63	3.63	3.63	3.63	3.63
Zapallo verano	0.75	0.75	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Caña Hueca**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
AjÍ amarillo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.00	6.00	6.00	6.00	0.00
AjÍ amarillo verano	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
Ajo invierno	0.00	0.00	0.00	0.70	0.70	0.70	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Arverja invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.40	2.40	2.40	0.00	0.00
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	1.07	1.07	1.07	1.07	1.95	1.95	1.95	1.95	0.00
Camote verano	1.45	1.45	1.45	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45
Coliflor invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.53	4.53	4.53	4.53	0.00
Fresa	7.01	6.02	6.02	6.02	6.02	6.02	0.00	0.00	7.01	7.01	7.01	7.01
Frutales	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16	0.00	4.16	4.16	4.16	4.16	4.16
Maíz chala invierno	0.00	0.00	3.65	3.65	3.65	0.00	0.00	29.25	29.25	29.25	0.00	0.00
Maíz chala verano	25.83	25.83	25.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.83
Maíz pardo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.78	12.78	12.78	12.78	12.78
Maíz pardo verano	7.07	7.07	7.07	7.07	7.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vainitas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00
Vid	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vivero	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Yuca	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes San Fernando**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Camote verano	0.22	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
Chala invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.22	0.22	0.00	0.00
Frejol invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.00
Fresa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Frutales	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	0.00	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22
Grass y jardines	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Hornamentales	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.16	1.16	1.16	0.00	0.00
Maíz chala verano	0.83	0.83	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83
Yuca	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Pan de Azúcar**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
AjÍ amarillo verano	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.36	0.36	0.36	0.00
Camote verano	0.74	0.74	0.74	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.74
Coliflor invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	1.50	1.50	1.50	0.00

Coliflor verano	3.37	3.37	3.37	3.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chala invierno	0.00	0.00	0.00	2.74	2.74	2.74	0.00	17.04	17.04	17.04	0.00	0.00
Chala verano	16.94	16.94	16.94	16.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fresa	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frutales	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	0.00	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63
Hortalizas invierno	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.75	0.00	1.91	1.91	1.91	0.00	0.00
Hortalizas verano	0.75	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	8.98	8.98	8.98	0.00	13.32	13.32	13.32	0.00	0.00
Maíz chala verano	12.55	12.55	12.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.55
Maíz pardo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.73	6.73	6.73	6.73	6.73
Maíz pardo verano	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manzano	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	0.00	0.00	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85
Palta fuerte	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19	2.19
Papa única invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.00
Pepinillo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	1.33	1.33	1.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pepino verano	0.15	0.15	0.15	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pimiento invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00
Ruda	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Tomate invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.62	0.62	0.62	0.00
Tomate verano	4.50	4.50	4.50	4.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50
Vid	1.99	1.99	1.99	0.00	0.00	0.00	0.00	1.99	1.99	1.99	1.99	1.99
Yuca	2.04	2.04	2.04	0.00	0.00	0.00	0.00	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Mejorada**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ají amarillo verano	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.65	11.65	11.65	11.65	0.00
Camote verano	6.25	6.25	6.25	6.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.25
Chala invierno	0.00	0.00	0.00	1.45	1.45	1.45	0.00	19.69	19.69	19.69	0.00	0.00
Chala verano	20.46	20.46	20.46	20.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Frutales	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.00	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
Grass y jardines	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Hornamentales	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00
Maíz pardo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
Maíz pardo verano	6.79	6.79	6.79	6.79	6.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vivero	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Yuca	0.75	0.75	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Venturosa**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Ají amarillo verano	10.22	10.22	10.22	10.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.22
Caigua invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	0.00	0.00
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.50	18.50	18.50	18.50	0.00
Camote verano	10.61	10.61	10.61	10.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.61
Cebolla invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
Cebolla verano	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00
Coliflor invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	0.00
Coliflor verano	7.00	7.00	7.00	7.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chala invierno	2.00	2.00	0.00	0.00	6.00	6.00	6.00	32.45	32.45	32.45	0.00	2.00
Chala verano	29.65	29.65	29.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.65

Durazno	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Frejol invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.70	4.70	4.70	4.70	0.00
Fresa	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	0.00	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
Frutales	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	0.00	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14
Grass americano	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.02	2.02	2.02	0.00	0.00
Maíz chala verano	2.30	2.30	2.30	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maíz pardo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14
Maíz pardo verano	6.49	6.49	6.49	6.49	6.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Manzano	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	0.00	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
Melocotones	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Palta fuerte	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Pallar invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.75	7.75	7.75	7.75	0.00
Pimiento verano	5.97	5.97	5.97	5.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.97
Tomate verano	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00
Vid	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Vivero	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50
Yuca	1.11	1.11	1.11	0	0	0	0	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11

**Intensión de siembra 2003-2004 (ha) de la comisión de regantes Lurín**

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Alfalfa	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60
Arverja invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00
Caigua invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
Camote invierno	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	2.00	31.30	31.30	31.30	31.30	0.00
Camote verano	54.20	54.20	54.20	54.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.20
Cebolla cabeza	0.00	0.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	82.69	82.69	82.69	82.69	82.69
Coliflor invierno	0.00	0.00	0.00	4.50	4.50	4.50	4.50	13.25	13.25	13.25	13.25	0.00
Coliflor verano	0.00	33.72	33.72	33.72	33.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Chala invierno	0.00	0.00	0.00	21.81	21.81	21.81	0.00	86.22	86.22	86.22	0.00	0.00
Chala verano	82.43	82.43	82.43	82.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fresa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Frejol verano	0.50	0.50	0.50	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
Frutales	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92	0.00	4.92	4.92	4.92	4.92	4.92
Grass y jardines	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41	46.41
Hornamentales	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Hortalizas invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	1.20	1.20	0.00	0.00
Maíz chala invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	2.00	2.00	0.00	0.00
Maíz chala verano	12.01	12.01	12.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.01
Maíz choclo inviern.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.21	6.21	6.21	6.21	6.21
Maíz choclo verano	0.00	24.46	24.46	24.46	24.46	24.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pepinillo verano	1.50	1.50	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50
Tomate verano	2.80	2.80	2.80	2.80	2.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Vivero	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77	15.77
Yuca	1.30	1.30	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
Zapallo invierno	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.20	5.20	5.20	5.20	5.20
Zapallo verano	2.50	2.50	2.50	2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.50

## Anexo 2 : Licencia de explotación de agua subterránea

Valle	Distrito	Empresa o usuarios de consumo	Caudal(l/s)
Lurín	Pachacamac	Cementos Lima S.A	35
Lurín	Lurín	Cementos Lima S.A	30
Lurín	Lurín	Empresa Llaves Peruanas S.A.C	27.5
Lurín	Pachacamac	Cementos Lima S.A	25
Lurín	Lurín	Exsa S.A. (Pozo N° 2)	20
Lurín	Lurín	Corporación Gea S.A.C	18
Lurín	Lurín	Samuel Huaripaucar Cuya	16
Lurín	Lurín	Petro Perú S.A	15.04
Lurín	Lurín	Exsa S.A. (Pozo N°1)	15
Lurín	Lurín	Unique S. A (Pozo N°1)	12
Lurín	Lurín	Unique S. A (Pozo N°2)	12
Lurín	Lurín	Empresa Tejidos San Jacinto S.A	12
Lurín	Lurín	Empresa B. Braun Medical Perú S.A (Pozo N°1)	10
Lurín	Lurín	Empresa B. Braun Medical Perú S.A (Pozo N°2)	10
Lurín	Lurín	Intradevco Industrial S.A	9
Lurín	Pachacamac	Gas y Gas S.A.C	9
Lurín	Chorrillos	Esmeralda Corp S.A.C (Pozo N°1)	8
Lurín	Lurín	Indura S. A	8
Lurín	Pachacamac	Textiles San Sebastian S.A.C	8
Lurín	Lurín	Empresa Ferosalt S.A	5
Lurín	S.J.Lurigancho	Jean Export Corporation S.A.C	5
Lurín	Chorrillos	Esmeralda Corp S.A.C (Pozo N°2)	4
Lurín	Lurín	Empresa Fibraafil S.A	4
Lurín	Pachacamac	Olga Balarezo Koo	4
Lurín	Pachacamac	San Fernando S. A.	3
Lurín	Lurín	Copza del Perú S. A.	2.5
Lurín	Cieneguilla	Leoncio Sicha Punil	2
Lurín	Lurín	Estación de Servicios Herco S.R.L	2
Lurín	Lurín	Cía. Agroindustrial Punta del Sur S.R.L	2
Lurín	Lurín	Sudamericana de Envases S.A.	2
Lurín	Lurín	Empresa Peruquimicos SAC	2
Lurín	Lurín	Opp Film S.A (Pozo N°1)	2
Lurín	Lurín	Enique Goytisoló, Teresa Aramburu y otros	2
Lurín	Lurín	Fábrica de Tejidos La Bellota S.A	2
Lurín	Lurín	Empresa PLASTITEL del Perú S.A.C- IRHS 454	2
Lurín	Pachacamac	Agroindustrias Floris S.A.C.	2
Lurín	Pachacamac	Empresa PDIC Peru S.A	2
Lurín	Pachacamac	TIGO S.A.C.	1.66
Lurín	Lurín	Empresa Electroandina Industrial S.A.C	1.5
Lurín	Pachacamac	Paccu S. A.	1.5
Lurín	Lurín	Emmpresa Montana S.A	1.3
Lurín	Lurín	Manuel Edmundo Zegarra Gonzales	1
Lurín	Lurín	Opp Film S.A (Pozo N°2)	1
Lurín	Lurín	Empresa Polinsumos S.A	1
Lurín	Lurín	Empresa Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A	1
Lurín	Pachacamac	Empresa Segoviana Peru S.A.C	1
Lurín	Pachacamac	Textiles San Sebastian S.A.C	1

### Anexo 3 : Aportación del río Lurín

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1963										0.253	2.462	17.128
1964	9.599	33.09	45.039	30.763	14.084	6.433	3.391	1.88	1.094	0.738	0.61	22.247
1965	26.624	64.701	81.599	43.325	22.346	11.392	6.566	3.812	2.295	1.599	1.002	4.393
1966	18.895	23.644	60.926	35.254	17.306	8.429	4.659	2.647	1.963	19.56	8.617	7.824
1967	55.494	165.991	144.903	75.262	46.718	24.068	13.856	8.05	4.781	6.595	4.009	8.135
1968	10.58	8.454	12.966	7.173	3.466	1.694	0.989	0.736	0.456	0.534	0.348	1.791
1969	6.563	19.657	55.532	28.05	13.997	6.962	4.825	2.626	1.486	1.666	5.111	25.389
1970	75.444	42.79	44.505	29.671	16.41	8.016	4.496	7.625	8.855	5.872	6.894	18.423
1971	26.801	40.617	72.425	40.051	20.857	10.736	6.216	3.657	2.178	1.484	0.948	10.015
1972	30.967	44.695	115.832	68.152	35.673	18.344	10.54	6.11	3.563	3.861	9.678	34.304
1973	63.133	44.153	85.234	51.485	27.076	14.084	8.234	4.881	3.097	2.376	1.469	12.969
1974	24.881	46.488	62.544	31.704	16.242	8.242	4.721	2.759	1.639	1.088	2.126	1.947
1975	13.419	24.982	66.333	31.29	16.242	8.315	4.781	2.79	1.648	1.084	0.916	13.8
1976	22.52	54.389	49.102	22.218	11.353	5.78	3.34	1.978	1.195	0.808	0.534	5.29
1977	10.031	58.004	49.653	23.792	12.621	6.598	3.866	2.295	1.375	0.916	5.522	7.852
1978	17.402	11.182	19.889	15.468	7.015	3.189	1.687	0.949	0.567	0.401	0.276	3.707
1979	9.088	14.143	85.213	41.258	21.67	11.137	6.373	3.671	2.124	1.36	0.843	0.579
1980	10.453	11.585	21.066	9.07	4.283	2.059	1.163	0.7	0.489	0.379	0.86	1.005
1981	21.873	43.563	111.197	60.178	32.632	17.286	10.164	5.997	3.754	2.504	1.996	15.056
1982	42.456	64.335	59.015	30.142	15.609	8.009	4.635	2.734	1.64	4.6	9.023	4.197
1983	10.968	23.759	67.641	36.473	19.85	10.041	5.694	3.274	1.965	1.446	1.178	15.022
1984	37.372	74.43	94.73	62.186	32.938	17.366	9.809	5.613	3.242	16.384	15.148	18.048
1985	22.942	38.435	63.055	30.52	14.998	7.363	4.099	2.362	1.896	1.179	2.043	14.867
1986	45.178	52.601	69.194	43.838	22.148	10.863	6.109	3.534	2.06	1.379	2.035	23.406
1987	47.787	34.025	34.968	16.836	8.599	4.386	2.558	1.568	1.08	0.767	2.813	11.81
1988	24.623	31.946	27.654	19.481	9.494	4.568	2.539	1.478	1.016	1.154	4.278	23.774
1989	56.433	81.291	96.218	55.873	28.871	14.707	8.407	4.875	2.916	4.038	2.092	1.263
1990	9.976	6.161	12.76	7.471	3.609	1.876	1.037	0.617	0.391	1.32	8.792	26.997
1991	25.884	20.258	41.637	20.945	10.493	5.234	2.974	1.743	1.067	1.636	0.934	1.396
1992	2.367	3.082	8.106	6.671	2.843	1.215	0.615	0.343	0.211	2.11	0.893	1.235
1993	18.884	46.134	78.162	43.458	21.938	10.917	6.12	3.492	2.049	3.091	8.139	15.176
1994	38.631	56.715	57.511	31.507	16.606	8.285	4.738	2.817	2.167	1.4	1.709	9.783
1995	19.163	16.23	26.69	13.082	5.777	2.58	1.367	0.791	0.54	0.805	9.853	13.627
1996	31.733	43.942	51.895	29.01	14.104	6.888	3.882	2.282	1.403	1.045	1.184	6.147
1997	20.591	34.151	19.541	9.36	5.057	2.752	1.714	1.12	1.125	1.039	2.804	31.098
1998	57.051	66.405	86.465	42.826	22.442	11.633	6.784	4.016	2.468	2.71	1.534	15.691
1999	26.416	76.462	70.452	48.114	25.952	12.547	6.928	3.961	2.534	4.165	3.643	12.783
2000	36.591	59.229	56.366	28.86	14.876	7.567	4.382	2.636	1.629	4.617	2.888	16.805
2001	53.718	51.035	77.499	47.792	24.354	12.337	7.077	4.149	2.703	1.86	14.547	7.439
2002	9.286	36.245	48.554	31.855	15.189	7.182	3.912	2.228	1.372	4.448	11.099	9.65
2003	16.771	20.059	36.087	18.075	8.687	4.224	2.39	1.424	0.884	2.025	0.97	39.16
2004	19.772	42.077	37.927	24.243	11.776	5.765	3.253	1.918	1.248	2.384	4.119	17.516
2005	22.041	21.178	27.013	15.265	7.278	3.51	1.972	1.169	0.725	0.521	0.391	20.523
2006	42.61	61.813	73.487	48.017	24.728	12.718	7.432	4.446	2.725	2.246	4.659	27.258
2007	28.384	26.031	56.266	40.584	19.911	9.787	5.511	3.212	1.924	2.77	1.525	4.18
2008	36.273	64.151	82.599	45.22	23.286	11.866	6.811	3.984	2.356	2.874	2.96	6.649
2009	36.477	64.467	82.066	52.82	25.991	12.669	7.053	4.01	2.328	7.06	10.882	13.922
2010	15.641	27.974	36.967	20.06	9.705	4.726	2.664	1.572	1.737	1.226	1.88	17.029
2011	46.177	37.454	41.505	30.764	14.456	6.79	3.687	2.102	1.451	1.253	4.163	13.575
2012	13.294	40.292	62.547	46.514	22.658	10.981	6.062	3.451	2.199	5.369	6.007	12.004
2013	10.588	38.526	56.885	28.111	14.861	7.521	4.333	2.592	1.569	1.849	2.056	7.155
2014	23.455	22.146	55.186	27.864	13.899	6.917	3.935	2.667	1.6	3.139	6.63	18.452
2015	29.451	31.286	79.031	43.499	22.236	11.261	6.437	3.852	2.404	2.072	1.902	2.513
2016	2.351	22.803	28.219	17.51	8.043	3.725	3.348	2.062	1.27	0.27	0.17	1.75
2017	25.83	39.54	58.72	32.68	17.4	9.48	5.36	3.14	1.9	1.74	1.14	1.23
2018	10.1	11.55	20.19	14.06	6.76	3.46	1.9	1.13	0.7	0.73	7.83	4.02
2019	7.19	9.71	12.76	14.06	6.58	3.46	1.9	1.13	0.7			

#### Anexo 4 : Descarga media en la estación Manchay

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1960	4.02	9.15	15.81	4	1.47	0.27	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1961	4.71	10.76	20.96	7.72	3.71	1.38	0.98	0.35	0.19	0.13	1.73	7.7
1962	8.74	11.93	15.25	8.02	2.46	1.98	1.04	0.3	0.22	0.15	0.26	1.85
1963	9.1	12.78	16.23	9.16	2.86	1.38	1.08	0.35	0.24	0.22	1.18	6.3
1964	3.7	11.67	14.61	9.57	3.38	1.66	0.95	0.28	0.23	0.17	0.29	1.63
1965	4.05	12.61	12.48	5.53	1.98	1.1	0.79	0.23	0.18	0.12	0.26	1.38
1966	4.31	7.55	12.48	5.33	1.83	0.98	0.75	0.23	0.18	1.44	0.68	3.63
1967	7.23	22.01	16.44	5.53	2.97	1.86	0.98	0.35	0.22	0.66	0.49	1.53
1968	3.62	6.04	9.29	5.43	1.42	0.9	0.62	0.17	0.15	0.09	0.38	1.62
1969	2.85	6.35	11.16	6.28	1.79	0.86	0.62	0.21	0.14	0.23	0.72	4.8
1970	9.86	7.91	10.21	6.15	4.15	1.98	1.04	0.26	0.34	0.43	0.47	2.62
1971	4.71	8.64	13.57	6.19	2.16	1.34	0.95	0.23	0.19	0.15	0.21	1.91
1972	8.11	16.19	37.85	11	1.18	0.53	0.61	0.37	0.26	0.61	0.4	10.45
1973	15.28	13.75	26.42	18.4	4.73	2.23	1.82	1.47	0.76	0.72	1.39	4.86
1974	7.62	19.32	21.27	7.91	3.74	2.94	1.59	0.51	0.23	0.11	0.18	0.38
1975	3.38	4.34	19.49	3.22	2.45	1.33	1.2	0.43	0.21	0.23	0.24	0.97
1976	5.4	14.99	13.28	6.93	1.21	0.96	0.46	0.16	0.1	0.09	0.09	0.59
1977	5.03	21.07	14.92	6	2.14	1.13	0.6	0.25	0.09	0.07	1.39	2.56
1978	4.93	11.15	6.76	4.98	2.22	1.32	0.58	0.27	0.17	0.08	0.73	2.14
1979	1.34	8.68	16.68	6.99	1.57	1.4	0.52	0.23	0.24	0.1	0.08	0.06
1980	2.59	2.5	7.46	8.67	1.17	0.39	0.16	0.05	0.07	0.75	0.93	3.7
1981	5.04	15.7	15.49	7.35	2.16	0.87	0.38	0.15	0.08	0.07	1.65	3.93
1982	5.18	17.58	6.95	5.65	1.67	1.00	0.46	0.19	0.11	0.22	1.92	3.92
1983	5.55	5.53	12.42	8.59	2.92	0.49	0.37	0.28	0.16	0.33	0.16	4.47
1984	5.52	26.86	13.89	6.99	4.48	2.77	2.03	0.84	0.56	0.84	1.27	7.08
1985	4.6	12.31	14.45	8.77	3.17	1.08	1.01	0.87	0.49	0.6	0.28	1.57
1986	9.81	10.28	10.41	11.4	5.05	1.08	0.62	0.33	0.22	0.13	0.53	2.92
1987	12.83	12.67	8.16	3.33	0.86	0.39	0.19	0.09	0.07	0.07	0.5	2.93
1988	6.78	12.61	6.09	8.66	6.57	1.29	0.31	0.2	0.15	0.17	0.39	1.27
1989	11.2	29.82	13.15	9.72	3.15	0.89	0.47	0.22	0.2	0.36	1.2	0.25
1990	2.69	3.5	3.09	1.28	0.68	0.47	0.27	0.24	0.23	0.48	3.31	4.94
1991	5.16	11.29	19.84	8.82	8.55	7.31	5.7	4.16	1.17	0.75	0.77	1.43
1992	2.61	0.94	7.6	4.06	1.65	0.47	0.09	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
1993	5.19	20.79	17.45	8.5	1.9	1.75	1.66	0.97	0.84	1.09	0.28	1.02
1994	10.39	30.02	13.64	8.22	2.94	0.39	0.19	0.16	0.17	0.28	0.21	1.48
1995	2.25	1.94	3.95	3.2	0.77	0.4	0.42	0.28	0.14	0.32	0.71	2.5
1996	8.6	14.29	9.49	8.51	0.89	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.93
1997	3.88	20.05	7.69	2.52	1.74	0.66	0.64	0.38	0.28	0.18	1.88	20.12
1998	37.55	17.55	34.3	8.2	2.31	0.77	0.65	0.14	0.12	0.12	0.12	0.47
1999	2.45	21.11	20.2	15	9.71	1.81	0.6	0.46	0.31	0.99	1.29	4.82
2000	11.01	11.68	16.94	12.2	5.76	1.73	0.97	1.05	0.87	1.4	0.47	2.51
2001	10.57	14.22	32.56	22.3	3.86	2.66	2.00	1.81	1.78	0.5	1.73	1.6
2002	1.54	9.5	14.92	12.8	2.9	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2.74	1.97
2003	11.21	16.19	27.39	8.39	1.46	0.45	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	6.89
2004	10.43	14.89	18.32	10.68	4.28	2.24	1.54	0.96	0.41	0.34	0.57	4.92
2005	10.32	16.38	15.88	6.72	1.48	0.71	0.55	0.27	0.17	0.27	1.07	5.49
2006	9.85	16.97	15.73	8.06	2.93	1.18	0.82	0.47	0.39	0.4	1.03	5.76
2007	9.5	16.31	16.81	8.51	3.37	1.25	0.86	0.45	0.36	0.27	0.8	4.4
2008	8.16	13.37	15.65	8.65	2.2	1.42	0.95	0.57	0.31	0.37	0.49	1.85
2009	4.84	9.35	14.26	7.24	3.23	1.31	0.73	0.31	0.23	0.25	0.84	3.37
2010	5.94	11.13	11.72	5.79	1.81	1.15	0.83	0.43	0.24	0.28	0.9	4.19
2011	7.98	9.54	12.51	5.79	2.18	0.91	0.51	0.01	0.08	0.41	1.01	5.51
2012	10.31	10.04	10.88	6.87	3.68	2.51	1.75	0.99	0.39	0.3	0.8	3.88
2013	7.24	14.15	16.06	9.41	2.44	1.14	0.69	0.32	0.34	0.33	0.23	0.83



## Anexo 6 : Método del Pico Secuente - Método Analítico

Fecha	Oferta hm <sup>3</sup>	Demanda hm <sup>3</sup>	Acumula. hm <sup>3</sup>	Fecha	Oferta hm <sup>3</sup>	Demanda hm <sup>3</sup>	Acumula. hm <sup>3</sup>
ene-90	9.622	5.032	4.591	jul-93	2.391	0.585	296.279
feb-90	7.494	6.262	5.823	ago-93	1.834	2.386	295.727
mar-90	15.978	6.669	15.131	sep-93	2.194	4.292	293.629
abr-90	8.549	4.128	19.553	oct-93	4.143	5.190	292.582
may-90	4.011	1.959	21.605	nov-93	9.286	4.776	297.091
jun-90	2.572	1.069	23.108	dic-93	16.587	4.510	309.168
jul-90	2.031	0.585	24.553	ene-94	36.862	5.032	340.998
ago-90	1.743	2.386	23.911	feb-94	37.932	6.262	372.668
sep-90	2.054	4.292	21.672	mar-94	38.352	6.669	404.351
oct-90	4.786	5.190	21.268	abr-94	21.507	4.128	421.729
nov-90	16.727	4.776	33.219	may-94	8.565	1.959	428.335
dic-90	30.558	4.510	59.267	jun-94	3.863	1.069	431.130
ene-91	25.221	5.032	79.456	jul-94	2.272	0.585	432.816
feb-91	18.383	6.262	91.577	ago-94	2.124	2.386	432.554
mar-91	34.153	6.669	119.061	sep-94	3.210	4.292	431.472
abr-91	14.791	4.128	129.724	oct-94	2.256	5.190	428.538
may-91	5.455	1.959	133.220	nov-94	3.827	4.776	427.588
jun-91	3.124	1.069	135.275	dic-94	11.307	4.510	434.386
jul-91	2.155	0.585	136.845	ene-95	19.965	5.032	449.318
ago-91	1.725	2.386	136.184	feb-95	16.877	6.262	459.933
sep-91	1.722	4.292	133.614	mar-95	25.937	6.669	479.200
oct-91	2.720	5.190	131.144	abr-95	15.105	4.128	490.177
nov-91	4.213	4.776	130.581	may-95	5.825	1.959	494.043
dic-91	3.592	4.510	129.662	jun-95	3.285	1.069	496.260
ene-92	7.266	5.032	131.897	jul-95	2.497	0.585	498.171
feb-92	9.744	6.262	135.379	ago-95	1.743	2.386	497.529
mar-92	15.854	6.669	144.563	sep-95	2.611	4.292	495.848
abr-92	9.174	4.128	149.609	oct-95	2.536	5.190	493.194
may-92	3.928	1.959	151.578	nov-95	9.203	4.776	497.620
jun-92	2.663	1.069	153.172	dic-95	11.411	4.510	504.521
jul-92	2.300	0.585	154.887	ene-96	24.760	5.032	524.249
ago-92	2.132	2.386	154.633	feb-96	34.679	6.262	552.665
sep-92	2.342	4.292	152.683	mar-96	38.052	6.669	584.048
oct-92	3.122	5.190	150.614	abr-96	20.939	4.128	600.859
nov-92	2.256	4.776	148.094	may-96	8.075	1.959	606.975
dic-92	4.796	4.510	148.380	jun-96	3.459	1.069	609.365
ene-93	20.200	5.032	163.549	jul-96	2.204	0.585	610.984
feb-93	44.622	6.262	201.908	ago-96	1.852	2.386	610.450
mar-93	61.138	6.669	256.378	sep-96	2.163	4.292	608.321
abr-93	30.587	4.128	282.836	oct-96	3.303	5.190	606.434
may-93	10.434	1.959	291.311	nov-96	3.285	4.776	604.942
jun-93	4.231	1.069	294.473	dic-96	5.706	4.510	606.138

ene-97	16.341	5.032	617.447	nov-00	6.240	4.776	1118.779
feb-97	23.938	6.262	635.123	dic-00	15.035	4.510	1129.303
mar-97	13.811	6.669	642.265	ene-01	40.864	5.032	1165.135
abr-97	7.095	4.128	645.232	feb-01	36.836	6.262	1195.709
may-97	3.223	1.959	646.496	mar-01	50.273	6.669	1239.312
jun-97	2.432	1.069	647.859	abr-01	26.271	4.128	1261.455
jul-97	2.165	0.585	649.440	may-01	9.171	1.959	1268.668
ago-97	2.220	2.386	649.274	jun-01	4.146	1.069	1271.744
sep-97	3.269	4.292	648.251	jul-01	2.759	0.585	1273.918
oct-97	5.361	5.190	648.422	ago-01	2.326	2.386	1273.858
nov-97	6.769	4.776	650.415	sep-01	2.425	4.292	1271.991
dic-97	24.532	4.510	670.436	oct-01	3.031	5.190	1269.832
ene-98	41.476	5.032	706.880	nov-01	14.076	4.776	1279.131
feb-98	52.046	6.262	752.663	dic-01	6.341	4.510	1280.962
mar-98	60.239	6.669	806.233	ene-02	8.713	5.032	1284.643
abr-98	23.386	4.128	825.491	feb-02	34.280	6.262	1312.660
may-98	8.231	1.959	831.763	mar-02	37.663	6.669	1343.654
jun-98	3.689	1.069	834.383	abr-02	24.840	4.128	1364.366
jul-98	2.474	0.585	836.272	may-02	9.418	1.959	1371.825
ago-98	1.857	2.386	835.743	jun-02	3.866	1.069	1374.622
sep-98	1.906	4.292	833.357	jul-02	2.570	0.585	1376.606
oct-98	2.297	5.190	830.464	ago-02	1.813	2.386	1376.033
nov-98	3.513	4.776	829.202	sep-02	2.816	4.292	1374.557
dic-98	13.757	4.510	838.448	oct-02	6.787	5.190	1376.154
ene-99	22.432	5.032	855.848	nov-02	15.011	4.776	1386.389
feb-99	66.719	6.262	916.305	dic-02	11.512	4.510	1393.391
mar-99	43.261	6.669	952.897	ene-03	18.425	5.032	1406.784
abr-99	27.186	4.128	975.955	feb-03	21.713	6.262	1422.235
may-99	11.668	1.959	985.664	mar-03	37.741	6.669	1453.307
jun-99	4.713	1.069	989.308	abr-03	19.729	4.128	1468.908
jul-99	2.741	0.585	991.464	may-03	10.342	1.959	1477.291
ago-99	2.357	2.386	991.435	jun-03	5.879	1.069	1482.102
sep-99	2.743	4.292	989.886	jul-03	4.045	0.585	1485.561
oct-99	7.748	5.190	992.445	ago-03	3.078	2.386	1486.254
nov-99	7.178	4.776	994.847	sep-03	2.539	4.292	1484.501
dic-99	11.364	4.510	1001.701	oct-03	3.679	5.190	1482.990
ene-00	29.734	5.032	1026.403	nov-03	2.624	4.776	1480.838
feb-00	47.077	6.262	1067.217	dic-03	40.815	4.510	1517.143
mar-00	34.371	6.669	1094.919	ene-04	21.427	5.032	1533.538
abr-00	17.163	4.128	1107.953	feb-04	43.732	6.262	1571.007
may-00	6.792	1.959	1112.787	mar-04	39.581	6.669	1603.919
jun-00	3.275	1.069	1114.992	abr-04	25.898	4.128	1625.688
jul-00	2.489	0.585	1116.896	may-04	13.430	1.959	1637.160
ago-00	1.942	2.386	1116.453	jun-04	7.420	1.069	1643.511
sep-00	2.837	4.292	1114.998	jul-04	4.908	0.585	1647.834
oct-00	7.507	5.190	1117.315	ago-04	3.572	2.386	1649.020

sep-04	2.902	4.292	1647.631	jul-08	8.466	0.585	2471.873
oct-04	4.039	5.190	1646.480	ago-08	5.639	2.386	2475.125
nov-04	5.774	4.776	1647.477	sep-08	4.011	4.292	2474.844
dic-04	19.171	4.510	1662.137	oct-08	4.529	5.190	2474.182
ene-05	23.696	5.032	1680.801	nov-08	4.615	4.776	2474.021
feb-05	22.833	6.262	1697.371	dic-08	8.304	4.510	2477.815
mar-05	28.668	6.669	1719.370	ene-09	38.132	5.032	2510.915
abr-05	16.920	4.128	1732.161	feb-09	66.121	6.262	2570.774
may-05	8.932	1.959	1739.135	mar-09	83.721	6.669	2647.826
jun-05	5.165	1.069	1743.231	abr-09	54.474	4.128	2698.172
jul-05	3.627	0.585	1746.273	may-09	27.646	1.959	2723.859
ago-05	2.824	2.386	1746.711	jun-09	14.323	1.069	2737.114
sep-05	2.380	4.292	1744.800	jul-09	8.708	0.585	2745.236
oct-05	2.176	5.190	1741.786	ago-09	5.664	2.386	2748.515
nov-05	2.891	4.776	1739.900	sep-09	3.983	4.292	2748.206
dic-05	22.178	4.510	1757.568	oct-09	8.714	5.190	2751.730
ene-06	44.265	5.032	1796.801	nov-09	12.537	4.776	2759.490
feb-06	63.468	6.262	1854.007	dic-09	15.577	4.510	2770.557
mar-06	75.141	6.669	1922.479	ene-10	17.295	5.032	2782.820
abr-06	49.672	4.128	1968.022	feb-10	29.629	6.262	2806.187
may-06	26.382	1.959	1992.446	mar-10	38.621	6.669	2838.139
jun-06	14.373	1.069	2005.750	abr-10	21.715	4.128	2855.725
jul-06	9.087	0.585	2014.252	may-10	11.359	1.959	2865.126
ago-06	6.100	2.386	2017.967	jun-10	6.380	1.069	2870.437
sep-06	4.379	4.292	2018.054	jul-10	4.319	0.585	2874.171
oct-06	3.901	5.190	2016.764	ago-10	3.227	2.386	2875.012
nov-06	6.314	4.776	2018.302	sep-10	3.392	4.292	2874.113
dic-06	28.912	4.510	2042.704	oct-10	2.881	5.190	2871.803
ene-07	30.039	5.032	2067.711	nov-10	3.535	4.776	2870.562
feb-07	27.686	6.262	2089.134	dic-10	18.684	4.510	2884.736
mar-07	57.921	6.669	2140.386	ene-11	47.832	5.032	2927.535
abr-07	42.239	4.128	2178.497	feb-11	39.108	6.262	2960.381
may-07	21.566	1.959	2198.104	mar-11	43.159	6.669	2996.871
jun-07	11.442	1.069	2208.477	abr-11	32.419	4.128	3025.162
jul-07	7.165	0.585	2215.057	may-11	16.111	1.959	3039.314
ago-07	4.866	2.386	2217.538	jun-11	8.445	1.069	3046.690
sep-07	3.579	4.292	2216.825	jul-11	5.341	0.585	3051.446
oct-07	4.425	5.190	2216.060	ago-11	3.757	2.386	3052.817
nov-07	3.180	4.776	2214.464	sep-11	3.106	4.292	3051.631
dic-07	5.835	4.510	2215.788	oct-11	2.907	5.190	3049.348
ene-08	37.928	5.032	2248.684	nov-11	5.818	4.776	3050.390
feb-08	65.806	6.262	2308.227	dic-11	15.230	4.510	3061.110
mar-08	84.254	6.669	2385.812	ene-12	14.949	5.032	3071.027
abr-08	46.875	4.128	2428.558	feb-12	41.946	6.262	3106.711
may-08	24.941	1.959	2451.540	mar-12	64.201	6.669	3164.243
jun-08	13.521	1.069	2463.992	abr-12	48.169	4.128	3208.283

may-12	24.312	1.959	3230.637	mar-16	29.874	6.669	3822.729
jun-12	12.635	1.069	3242.203	abr-16	19.165	4.128	3837.766
jul-12	7.717	0.585	3249.335	may-16	9.698	1.959	3845.505
ago-12	5.105	2.386	3252.055	jun-16	5.380	1.069	3849.816
sep-12	3.854	4.292	3251.616	jul-16	5.003	0.585	3854.233
oct-12	7.024	5.190	3253.450	ago-16	3.717	2.386	3855.565
nov-12	7.662	4.776	3256.335	sep-16	2.925	4.292	3854.197
dic-12	13.659	4.510	3265.484				
ene-13	12.243	5.032	3272.695				
feb-13	40.181	6.262	3306.613				
mar-13	58.539	6.669	3358.483				
abr-13	29.766	4.128	3384.121				
may-13	16.516	1.959	3398.678				
jun-13	9.176	1.069	3406.785				
jul-13	5.987	0.585	3412.187				
ago-13	4.247	2.386	3414.048				
sep-13	3.224	4.292	3412.980				
oct-13	3.504	5.190	3411.294				
nov-13	3.710	4.776	3410.228				
dic-13	8.809	4.510	3414.527				
ene-14	25.109	5.032	3434.604				
feb-14	23.800	6.262	3452.142				
mar-14	56.841	6.669	3502.314				
abr-14	29.519	4.128	3527.704				
may-14	15.553	1.959	3541.299				
jun-14	8.572	1.069	3548.802				
jul-14	5.590	0.585	3553.806				
ago-14	4.321	2.386	3555.742				
sep-14	3.255	4.292	3554.705				
oct-14	4.794	5.190	3554.308				
nov-14	8.285	4.776	3557.817				
dic-14	20.107	4.510	3573.413				
ene-15	31.105	5.032	3599.487				
feb-15	32.941	6.262	3626.165				
mar-15	80.685	6.669	3700.181				
abr-15	45.154	4.128	3741.207				
may-15	23.891	1.959	3763.139				
jun-15	12.916	1.069	3774.986				
jul-15	8.092	0.585	3782.493				
ago-15	5.506	2.386	3785.613				
sep-15	4.059	4.292	3785.380				
oct-15	3.727	5.190	3783.917				
nov-15	3.557	4.776	3782.698				
dic-15	4.168	4.510	3782.356				