

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS DE LA PRODUCCIÓN DE CULTIVOS BIOENERGÉTICOS SOBRE LA DISPONIBILIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS: EL CASO DEL SISTEMA CHIRA

Cayo L. Ramos Taipe

4.1 RESUMEN

La gestión de los recursos de agua y de suelo son especialmente importantes en las regiones semiáridas donde el conflicto por el agua es una realidad. En el norte del Perú, en el departamento de Piura, hogar de 956 000 habitantes, la baja disponibilidad de agua a causa de la insuficiente capacidad reguladora del embalse Poechos y la demanda creciente en los valles de Chira y Piura, requieren un enfoque integral del manejo de los recursos para asegurar la sostenibilidad del valle y la seguridad del abastecimiento de productos agrícolas a la población.

En las últimas décadas se han ejecutado sistemáticamente obras hidráulicas de regulación, aprovechamiento y control de los recursos hídricos con inversiones del Estado; sin embargo, estas obras constituyen una solución parcial ya que la eficiencia en el uso del agua es baja. Por otro lado, la obra principal del Sistema, la presa Poechos, viene progresivamente perdiendo volumen de almacenamiento útil a causa de las altas tasas de transporte de sedimentos del río Chira que hasta ahora han causado la pérdida del 50 por ciento del volumen diseñado (840 Hm³) del embalse. Como consecuencia, en estos valles, el problema de la escasez de agua es latente

El estudio evalúa la sostenibilidad del recurso hídrico ante el crecimiento de la actividad agrícola (demanda hídrica agrícola), a causa de la incorporación de cultivos bioenergéticos para producción de biocombustibles (etanol) en el Valle de Chira.

La evaluación se basa en cuatro Escenarios, donde varían fundamentalmente la demanda y la disponibilidad de agua en el valle del río Chira. Estos cuatro Escenarios describen y evalúan sus impactos desde el punto de vista de la confiabilidad del sistema, la cobertura de la demanda y la vulnerabilidad del sistema. Los escenarios son: Escenario 1 -Escenario de Referencia; Escenario 2 -Escenario con incremento de áreas con caña de azúcar; Escenario 3 -Escenario con incremento de áreas con sorgo, y Escenario 4 -Escenario con aumento de áreas con caña de azúcar y aumento de áreas de cultivo de los agricultores.

La simulación del Sistema y la evaluación de la confiabilidad se realizaron con el modelo WEAP (*Water Evaluation and Planning System*) (Yates *et al.* 2005). Los resultados para los escenarios 2, 3 y 4 indican una reducción de la confiabilidad, lo cual conlleva una disminución de la demanda atendida. Esta última disminuye del 90 por ciento (referencia)



a 84, 89 y 85 por ciento para los agricultores y de 80 por ciento a 60, 74 y 52 por ciento para los cultivos bioenergéticos.

Los resultados muestran que urge una planificación del aprovechamiento de los recursos agua y suelo de los valles Chira y Piura. Asimismo mejorar la productividad del agua (0,7 kg de arroz/m³ de agua usada y 1,34 kg/ m³ del valle en su conjunto), lo que permitiría una mayor producción de alimentos con el mismo volumen de agua y la misma superficie de suelo.

4.2 INTRODUCCIÓN

El trabajo propone estudiar el componente agua y su sostenibilidad en los valles de Chira y Piura donde serán incorporadas progresivamente 22 280 ha de cultivos bioenergéticos para producción de etanol por parte de cuatro empresas nacionales y transnacionales. Los objetivos principales de este estudio son:

- Aplicar el modelo WEAP en la cuenca del Río Chira para la implantación de cultivos bioenergéticos teniendo en cuenta la demanda y la oferta de agua. Esto incluye: (I) aguas subterráneas, (II) uso de aguas de retorno, (III) uso de aguas servidas, (IV) uso poblacional, (V) uso industrial y (VI) generación de energía.
- Aplicar el modelo WEAP a los siguientes escenarios:
 - (I) Escenario 1 de Referencia, situación actual que incluye los caudales que se derivan hacia el valle de Piura.
 - (II) Escenario 2, situación en el 2030 con incremento de áreas cultivadas con caña de azúcar.
 - (III) Escenario 3, situación en el 2030 con incremento de las áreas cultivadas con sorgo.
 - (IV) Escenario 4, situación en el 2030, considerando un incremento de las áreas de cultivo de caña y un aumento de las áreas de cultivo de los agricultores.

Lógicamente, la simulación deberá tener en cuenta la disminución de la capacidad del embalse Poechos.

- Relacionar los resultados de la aplicación del modelo con los beneficios/consecuencias respecto a la seguridad alimentaría.

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS CUENCAS CHIRA Y PIURA Y EL SISTEMA HÍDRICO CHIRA-PIURA

Las cuencas de los ríos Chira y Piura son las cuencas que contribuyen con esorrentía al Sistema Chira-Piura del cual se abastece de agua a los usuarios agrícolas, para el consumo humano y para la producción energética e industrial.

4.2.1.1 CUENCA DEL RÍO CHIRA

La cuenca geográfica de este río está situada entre los paralelos 03°40'28" y 05°07'06" de Latitud Sur y los meridianos 80°46'11" y 79°07'52" de Longitud Oeste.

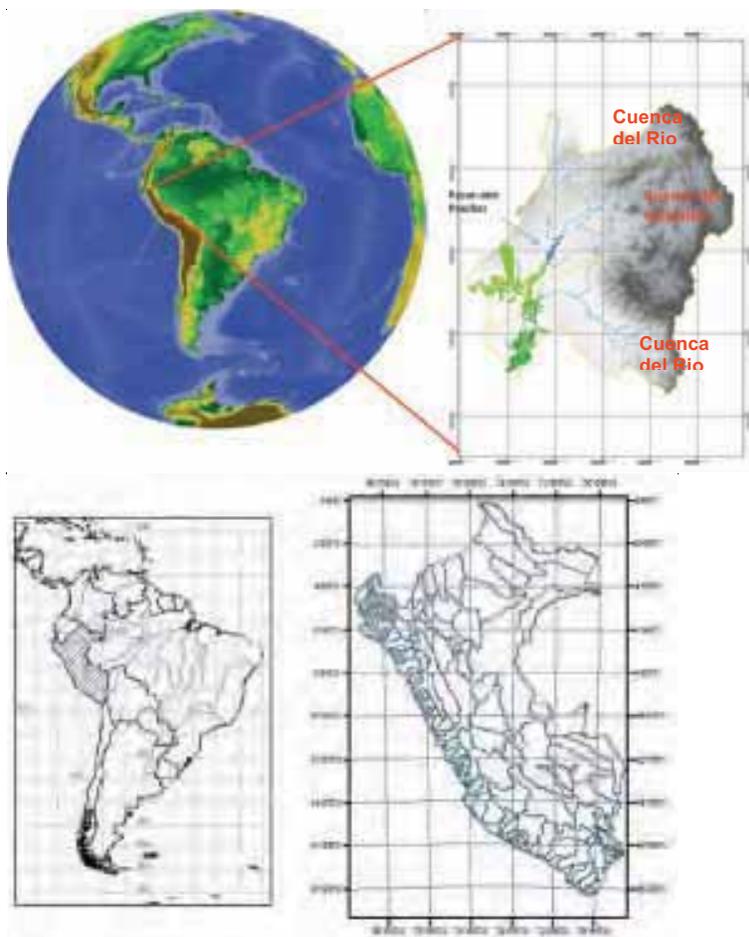
Limita por el Norte con la cuenca del río Puyango, por el Sur con las cuencas de los ríos Piura y Huancabamba, por el Este con las cuencas de Zamora y Chinchipe (Ecuador) y por el Oeste con el Océano Pacífico.

La cuenca del río Chira (Figura 4.1) es una cuenca binacional (Perú y Ecuador) y tiene una superficie de drenaje de 19 095 km² hasta su desembocadura en el mar; la cuenca tiene una superficie de 7 162 km² dentro de territorio ecuatoriano y 11 933 km² dentro de territorio peruano en el departamento de Piura. Su cuenca húmeda es de aproximadamente 9 500 km².

El río nace en la Cordillera Occidental de los Andes a más de 3 000 msnm con el nombre de Catamayo (Ecuador); después de recorrer 150 km se une con el río Macará donde toma el nombre de río Chira, recorre 50 km. sirviendo de límite entre Perú y Ecuador hasta encontrarse con el río Alamor: continúa en dirección Suroeste en territorio peruano hasta su desembocadura en el mar después de haber recorrido aproximadamente 300 km.

Figura 4.1

Ubicación de la cuenca de los ríos Chira y Piura



Fuente: elaboración propia

Sus principales afluentes son: por la margen izquierda los ríos Macará, Quiroz y Chipillico y por la margen derecha el río Alamor, Samán y otros (Cuadro 4.1 y Figura 4.2).

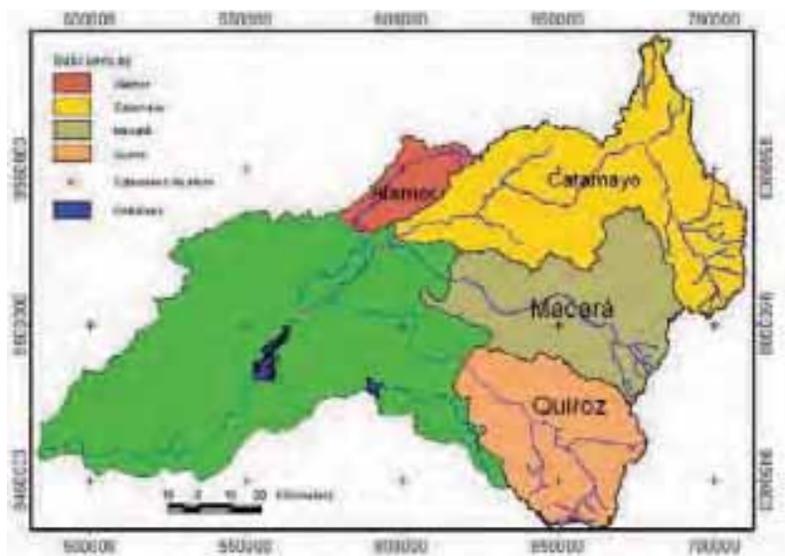
Cuadro 4.1

Subcuencas de la cuenca Chira

| Cuenca | Area km ² | Longitud Cauce km | Altrua media msnm | Forma cunca (Gravelius) |
|-------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|
| Catamayo | 4 241,20 | 189,00 | 1 732,00 | 1,74 |
| Macara | 2 750,80 | 141,00 | 1 672,00 | 1,71 |
| Quiroz | 3 160,00 | 165,00 | 1 776,00 | 1,50 |
| Alamor | 1 190,40 | 120,70 | 701,00 | 1,61 |
| Aportes directos | 2 240,00 | 56,00 | 300,00 | - |
| Presa Poechos-mar | 3 117,60 | 120,00 | 35,00 | - |

Figura 4.2

Subcuencas y estaciones hidrométricas del río Chira



4.2.1.2 CUENCA DEL RÍO PIURA

La cuenca del río Piura (Figura1) está situada geográficamente entre los paralelos 4°42' y 5°45' de Latitud Sur y los meridianos 79°29' y 81° de Longitud Oeste. Tiene un área de total de 12 216 km² hasta la desembocadura al mar por el estuario de Virrilá y nace a 3 600 msnm, en la divisoria de la cuenca del río Huancabamba, en la Cordillera de los Andes. Limita por el Norte con la cuenca del río Chira, por el Sur con la cuenca del río Cascajal, por el Este con la cuenca del río Huancabamba y por el Oeste con el Océano Pacífico.

Los cauces de los afluentes son torrentosos y bien definidos, mientras que el cauce del río Piura en las zonas bajas es variable por la escasa pendiente y se caracteriza por la formación de meandros, con propensión a las inundaciones en algunas zonas.

El río Piura, así como el Chira pertenecen al Sistema Hidrográfico del Pacífico y sus cursos son alimentados principalmente con las precipitaciones estacionales que ocurren en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes.

4.2.1.3 SISTEMA HÍDRICO CHIRA-PIURA

El aprovechamiento de los recursos hídricos y los suelos en los valles del río Chira y Piura (Figura 4.3), reviste cada vez mayor importancia. A partir de 1971 se comenzó la construcción del Sistema Chira-Piura con el objetivo de optimizar el aprovechamiento de los recursos hídricos y de suelos en ambos valles para la producción agrícola.

Las principales obras hidráulicas de control, conducción y distribución de aguas de este sistema son:

- a) la represa Poechos con el embalse del mismo nombre, ubicada en el cauce del río Chira. Su capacidad diseñada de almacenamiento fue de 840 Hm³, para regulación anual y eventualmente dos años de las aportaciones del río Chira controlada por la represa (1976); las características del reservorio actualmente son:
 - Nivel normal de operación: 103,0 msnm
 - Nivel mínimo de captación: 78,5 msnm
 - Volumen de almacenamiento¹⁹ a nivel 103: 441,04 Hm³
 - Volumen total de sedimentos sobre la cota 78,5²⁰: 443,96 Hm³.
 - Área de espejo a nivel 103 msnm 75 km².
 - Longitud de embalse: 24,0 km.
- b) Canal de Derivación Chira-Piura (canal Daniel Escobar), deriva las aguas de la presa Poechos al río Piura (para el valle de Piura), tiene una longitud de 54 km y una capacidad de conducción máxima de 70 m³/s.
- c) Presa derivadora de los Ejidos, aguas arriba de la ciudad de Piura en el cauce del río Piura, que capta las aguas provenientes de Poechos y las del río Piura, derivándolas por el canal Biaggio Arbulú para irrigar el valle del Bajo Piura.
- d) Presa derivadora de Sullana, ubicada en el cauce del río Chira, a 0,5 km aguas abajo de la ciudad de Sullana. En el cuerpo de la presa también están alojadas dos bocatomas: Margen Izquierda - canal Jibito, Margen Derecha - Canal Norte y Sur con una minicentral hidroeléctrica. Con la puesta en funcionamiento de la Presa Sullana, se forma un embalse con una capacidad de almacenamiento de 6 Hm³ a un nivel de fondo de 36,5 msnm, para compensación diaria de aguas soltadas del embalse Poechos.

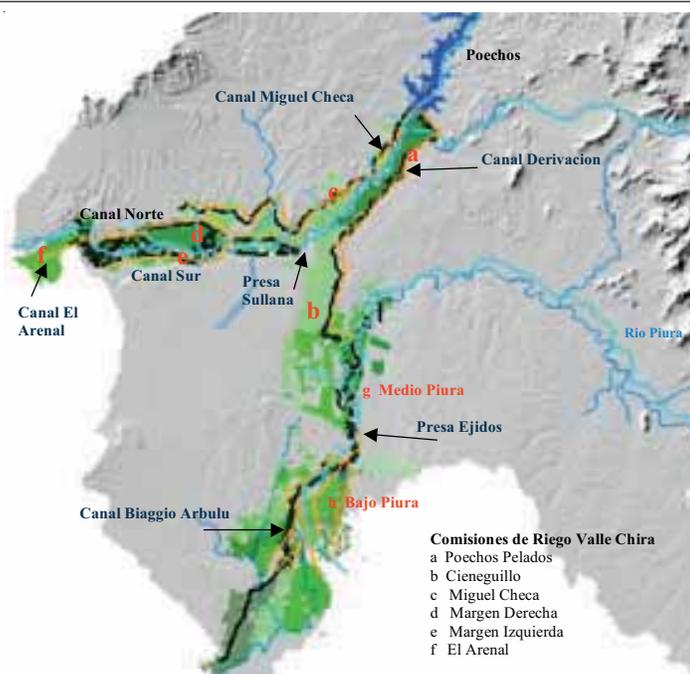
19 Diciembre 2008

20 Diciembre 2008

- e) Canales de riego principales:
- Canal "Miguel Checa", capta las aguas de la salida del embalse Poechos y atiende la parte alta del valle de Chira; tiene una longitud de 78,5 km y una capacidad de 19 m³/s.
 - Canal "Norte", capta las aguas reguladas por el embalse Sullana y entrega parte de sus aguas a los canales "Sur" y "El Arenal" a través de dos sifones; en conjunto atienden la parte baja del valle de Chira.

Figura 4.3

Infraestructura hidráulica del Sistema Chira-Piura y Comisiones de Riego



Fuente: elaboración propia

4.2.1.4 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

La oferta hídrica del Sistema Chira-Piura, está representada por los aportes de los ríos Chira y Piura. Los registros históricos datan del año 1925 en el caso del río Piura y desde 1938 para el río Chira. Para estos análisis se emplearon los datos históricos de los caudales de ambos ríos. El establecimiento de la oferta hídrica a efectos del análisis se explica con mayor detalle en el Capítulo IV del Compendio Técnico Volumen II.

4.2.1.5 ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA HÍDRICA

La demanda hídrica incluye los requerimientos del recurso por parte del sector agrícola, uso poblacional, necesidades ambientales, usos energéticos e industriales y las pérdidas en los canales de conducción. El establecimiento de la demanda hídrica para efectos del análisis se explica con mayor detalle en el Capítulo IV del Compendio Técnico Volumen II.

4.2.1.6 PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA DEL VALLE CHIRA Y PIURA

La agricultura es la actividad que usa el mayor volumen de agua en los valles estudiados, llegando al 90 por ciento; el resto es usado por la industria (uno por ciento) y el consumo poblacional (nueve por ciento). La productividad del agua en el valle de Chira y Piura, permite analizar la relación entre la cantidad (kg) de alimento que es posible producir por cada metro cúbico de agua empleado; en el presente caso el valor obtenido es de 1,28 kg de alimento por cada mil metros cúbicos de agua, (Cuadro 4.2). Según el Banco Mundial este valor está dentro del promedio que se encuentra en los países en desarrollo; por ejemplo, en la provincia de Hai del Norte de China se usan 1 m³ de agua para producir un kg de granos pero los países desarrollados usan entre 30 y 40 por ciento menos agua.

Lo anterior indica que existe la posibilidad de producir más alimentos con la misma cantidad de agua, elevando la eficiencia del uso, y mejorando la tecnología de producción de alimentos.

Cuadro 4.2

Productividad del agua en el Valle Chira

| AÑO | SISTEMA CHIRA PIURA | | VALLES CHIRA Y PIURA | |
|-----------------|---|--|---|---|
| | MASA BRUTA (toma de la fuente) (m ³)* | MASA NETA (entrega en parcela) (m ³)** | Producción de principales productos agrícolas (TM)*** | Productividad del agua (TM/1000m ³)**** |
| 2006 | 1 415 008 485,40 | 837 337 139,10 | 1 141 113,40 | 1,36 |
| 2007 | 1 577 155 064,20 | 1 017 134 540,10 | 1 177 545,00 | 1,16 |
| 2008 | 1 504 517 424,00 | 940 522 921,60 | 1 237 867,20 | 1,32 |
| Promedio | | | | 1,28 |

* Información del Proyecto Especial Chira Piura, Dirección de Operación y Mantenimiento (registros hidrométricos de tomas laterales).

** Información de la Junta de Usuarios del Valle del Chira (según registros de los sectoristas, consolidado por la Junta de Usuarios). Información proporcionada por la Junta de Usuarios del Medio y Bajo Piura, conforme el PDA (Plan de Distribución de Agua) y volumen facturado.

*** Los Principales Productos Agrícolas son: arroz cáscara, plátano, tomate, arveja grano seco, frijol grano seco, camote, papa, yuca, coco, limón, mango, espárrago, maíz duro y alfalfa

**** Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática- Oficinas Sectoriales de Estadística, INEI-OTED-ODEI Piura

Un análisis del cultivo del arroz, que representa cerca del 50 por ciento del área cultivada en el valle de Chira y alrededor del 30 por ciento del área cultivada del valle de Piura, refleja una productividad ligeramente creciente en los últimos seis años, excepto en 2004, donde se presenta una sequía. El promedio de la productividad es de 0,55 kg de arroz por cada 1000 m³ de agua usada, (Cuadro 4.3 y Figura 4.4). Esto muestra que existe un potencial para mejorar el uso del agua y la tierra en los valles de Chira y Piura.

Sin embargo, este resultado es sensiblemente mayor a la productividad de otros países en vías de desarrollo como Pakistán donde la productividad del agua en el cultivo de arroz es de 0,27 kg/m³.

Cuadro 4.3

Descriptores de la productividad del agua y el suelo en el Valle de Chira para el cultivo de arroz

| | Unidad de Medida | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 |
|---------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | Ene.-Dic. | Ene.-Dic. | Ene.-Dic. | Ene.-Dic. | Ene.-Dic. | Ene.-Dic. |
| Arroz Cáscara * | Tonelada | 368 598 | 255 417 | 426 374 | 359 173 | 400 341 | 520 367 |
| Área cultivada ** | ha | 23 623,3 | 23 606,1 | 30 265,0 | 29 487,0 | 30 007,0 | 31 821,4 |
| Agua Usada*** | Hm ³ | 590,6 | 590,2 | 756,6 | 737,2 | 750,2 | 795,5 |
| Productividad Tierra **** | TM/ha/año | 15,6 | 10,8 | 14,1 | 12,2 | 13,3 | 16,4 |
| Productividad Agua | kg/m ³ | 0,6 | 0,4 | 0,6 | 0,5 | 0,5 | 0,7 |

* Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática- Oficinas Sectoriales de Estadística, INEI-OTED-ODEI Piura

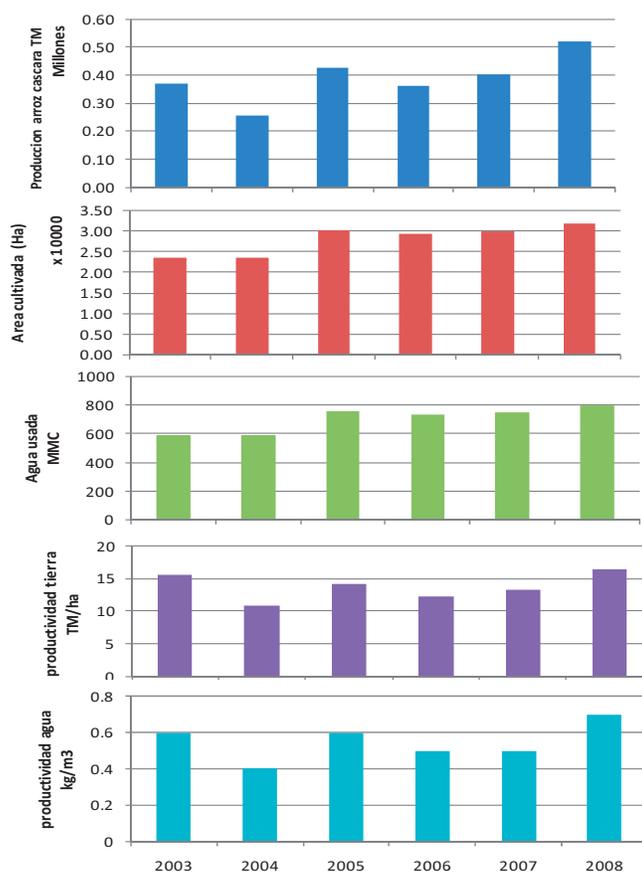
** El área cultivada incluye el Valle de Chira y el valle de Piura

*** Valor estimado a partir de los módulos de uso, reportados por las Juntas de Usuarios

**** Rendimiento incluye campaña Chica

Figura 4.4

Niveles de productividad del agua y el suelo en el Valle de Chira para el cultivo de arroz



4.3 MODELAMIENTO HIDROLÓGICO

El proceso de modelamiento hidrológico del Sistema Chira-Piura, fue realizado con la ayuda de un programa de cómputo WEAP21. WEAP es una herramienta de computación para la planificación integrada de los recursos hídricos y provee un marco conceptual completo, flexible y amigable para analizar políticas y directrices en el manejo del agua.

Actualmente muchas regiones enfrentan grandes retos en el manejo de recursos hídricos, incluyendo la asignación de los limitados recursos de agua, el mantenimiento de la calidad del agua y la definición de políticas de manejo del recurso. Para enfrentar estos retos, los modelos convencionales orientados al suministro de agua no siempre son adecuados.

El modelo WEAP se basa en el principio de contabilidad del balance de agua y es aplicable a sistemas de agua potable y sistemas agrícolas, cuencas individuales o sistemas más complejos. El análisis de Escenarios es fundamental en WEAP. Los Escenarios se usan para explorar la respuesta del modelo a una amplia gama de preguntas, como por ejemplo, qué sucede si, a) los patrones económicos o demográficos cambian; b) los requerimientos del ecosistema son más estrictos; c) la combinación de cultivos cambia; d) la eficiencia de la irrigación mejora; e) se usa mayor cantidad de agua subterránea; f) las reglas de operación de reservorios cambian; g) el cambio climático altera la demanda y las fuentes de agua; h) la contaminación afecta la calidad del agua y otros.

La formulación y calibración del modelo se presentan en detalle en el capítulo Capítulo IV del Compendio Técnico Volumen II.

4.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del modelo están organizados en cuatro escenarios: Escenario 1 de Referencia, Escenario 2 con incremento de áreas con caña de azúcar, Escenario 3 con incremento de áreas con sorgo y Escenario 4 con incremento de áreas con caña de azúcar y ampliación de cultivos por parte de los agricultores. Los Escenarios se detallan a continuación:

- El Escenario 1 de *Referencia*, mantiene las tendencias del valle en la oferta y la demanda sin la inclusión de cultivos bioenergéticos excepto los que ya están instalados.
- El Escenario 2, contempla un incremento de la demanda de 23 976 ha de caña de azúcar, con el resto de los componentes del modelo constantes.
- El Escenario 3, contempla el incremento de las 23 976 ha pero con el cultivo del sorgo.
- El Escenario 4, contempla el incremento en áreas de caña de azúcar, ocupación de mayor área por los agricultores e incremento del nivel de operación del embalse.

4.4.1 ESCENARIO 1: REFERENCIA

El Escenario 1 de *Referencia*, intenta representar el sistema tal cual se encuentra actualmente, manteniendo las tendencias del valle en la oferta y la demanda, sin la inclusión de cultivos bioenergéticos, excepto los que ya están instalados hasta el 2009 que representan el tres por ciento del área prevista. La fuente principal de abastecimiento de agua de los usuarios proviene de los ríos Chira y Piura y su regulación en la presa Poechos.

El análisis de los escenarios, incluido el Escenario 1, enfatiza el análisis de la satisfacción de las demandas agrícolas ya que esta actividad es la que demanda el mayor volumen de agua, cuidando en cada Escenario y simulación que el abastecimiento de las poblaciones tenga la primera prioridad. Los principales parámetros que caracterizan este Escenario se encuentran en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4

Parámetros principales del Escenario de Referencia

| Período | Histórico (1939-2008) | Futuro cercano (2010-2030) |
|---|-----------------------|----------------------------|
| Crecimiento poblacional (%) | 1,17 | 1,17 |
| Demanda <i>per capita</i> de agua l/hab/día, urbano y rural | 120 | 120 |
| Incorporación de tierras al cultivo (%) | 0 | 0 |
| Cantidad de agua de riego por unidad de área m ³ /ha | 7 319,75 (maíz) | |
| 17 026,04 (arroz) | 7 319,75 (maíz) | |
| 17 026,04 (arroz) | | |
| Consumo Industrial Hm ³ | 1,23 | 1,23 |

Nivel de cobertura de la demanda

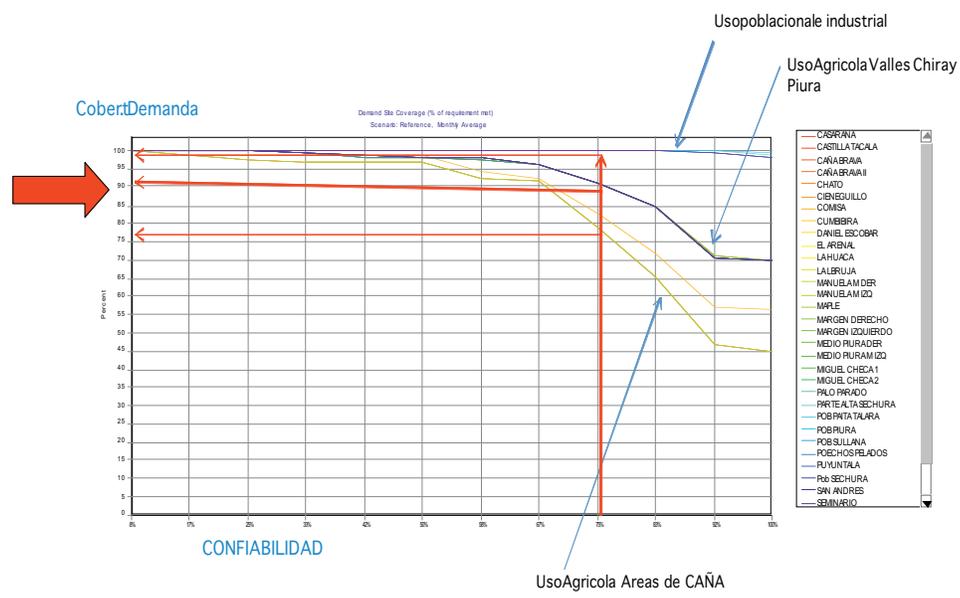
Bajo este Escenario, el nivel de cobertura de la demanda en el valle es satisfactorio; en promedio se cubre el 90 por ciento del total de las demandas agrícolas del valle, el 100 por ciento de las demandas poblacionales e industriales y el 76 por ciento en los cultivos nuevos en instalación (Figura 4.5).

Confiabilidad del sistema

La confiabilidad del sistema representa el número de veces que la demanda fue cubierta con la oferta de agua, es decir, la garantía que ofrece el sistema para satisfacer las demandas. Para este escenario la confiabilidad, en promedio, es del 75 por ciento (Cuadro 4.8).

Figura 4.5

Cobertura de la demanda del Sistema evaluada al 75 por ciento de confiabilidad - Escenario 1



4.4.2 ESCENARIO 2: CON ÁREAS NUEVAS DE CAÑA DE AZÚCAR

En este Escenario se incorporan 23 976 ha nuevas con cultivo de caña de azúcar, en su totalidad en el valle de Chira (Figura 4.6). *En este Escenario y en los Escenarios 3 y 4 se incorpora agua subterránea en el modelo para mejorar el abastecimiento de la demanda de las áreas nuevas propuestas para cultivos bioenergéticos.*

Características del acuífero

El acuífero del valle de Chira no cuenta con estudios hidrogeológicos que permitan describir las características del mismo; se ha recurrido a la opinión de expertos de la Universidad Nacional Agraria, para estimar la capacidad de almacenamiento aprovechable del acuífero estimada en 30 Hm³. Los principales parámetros de la simulación del escenario 2 se muestran en el Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5

Parámetros principales del Escenario 2

| Período | Histórico (1939-2008) | Futuro cercano (2010-2030) |
|--|--------------------------------------|--|
| Crecimiento poblacional (%) | 1,17 | 1,17 |
| Demanda <i>per capita</i> de agua l/hab/día, urbano y rural | 120 | 120 |
| Incorporación de tierras al cultivo (%) | 0 | 50 - Valle de Chira 0 - Valle de Piura |
| Cantidad de agua de riego por unidad de área m ³ /ha | 7 319,75 (maíz) 17 026,04 (arroz) | 7 319,75 (maíz) 17 026,04 (arroz) 15 610,58 (caña) |
| Consumo industrial Hm ³ | 1,23 | 1,23 |
| Incremento del volumen útil del embalse por cambio de cota máxima de regulación (Hm ³) | 0 | 50 |
| Uso de agua subterránea (Hm ³) | 0 | 30 |

Nivel de cobertura de la demanda

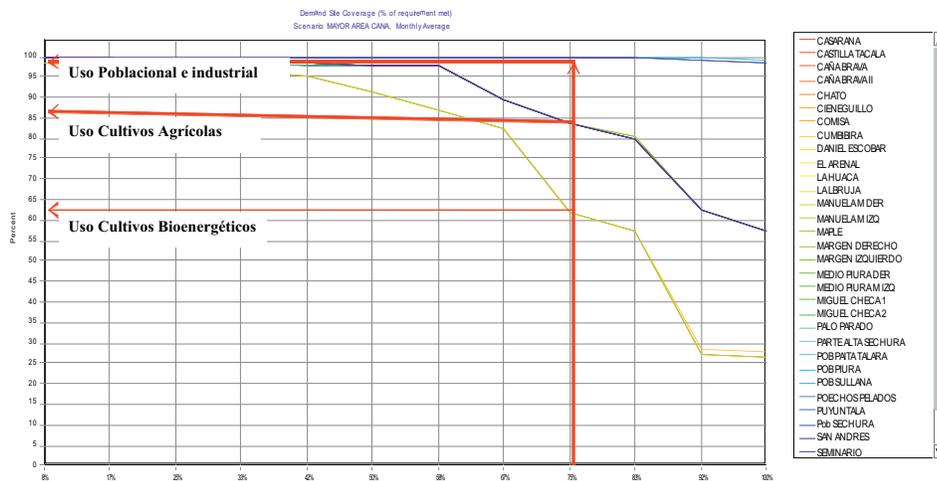
Los resultados obtenidos en este Escenario, garantizan la dotación al 98 por ciento de agua para consumo poblacional: sin embargo, para la cobertura de las otras demandas, esta disminuye notablemente en el uso agrícola, tomando valores de 86 por ciento para los agricultores del valle y 62 por ciento para las áreas nuevas con cultivos bioenergéticos (Figura 4.6).

Confiabilidad del sistema

La confiabilidad del sistema en conjunto disminuye a 65 por ciento, en promedio, como se puede observar en el Cuadro 4.8.

Figura 4.6

Cobertura de la demanda del Sistema evaluada al 75 por ciento de confiabilidad - Escenario 2



4.4.3 ESCENARIO 3: CON ÁREAS NUEVAS DE SORGO

Es uno de los Escenarios que presenta mejores valores en los indicadores de sustentabilidad en comparación a los escenarios 2 y 4, en razón del menor volumen de agua necesario para el cultivo del sorgo. Los principales parámetros de la simulación del Escenario 3 se encuentran en el Cuadro 4.6.

Cuadro 4.6

Parámetros principales del Escenario 3

| Período | Histórico (1939-2008) | Futuro cercano (2010-2030) |
|--|--------------------------------------|---|
| Crecimiento poblacional (%) | 1,17 | 1,17 |
| Demanda <i>per capita</i> de agua l/hab/día, urbano y rural | 120 | 120 |
| Incorporación de tierras al cultivo (%) | 0 | 50 – Valle de Chira 0 - Valle de Piura |
| Cantidad de agua de riego por unidad de área m ³ /ha | 7 319,75 (maíz) 17 026,04 (arroz) | 7 319,75 (maíz) 17 026,04 (arroz) 7 985,7 (sorgo) |
| Consumo industrial Hm ³ | 1,23 | 1,23 |
| Incremento del volumen útil del embalse por cambio de cota máxima de regulación (Hm ³) | 0 | 50 |
| Uso de agua subterránea (Hm ³) | 0 | 30 |

Demanda atendida

Los resultados de la simulación del modelo para el Escenario 3, muestran un nivel de cobertura de la demanda del 98 por ciento para la demanda poblacional, 80 por ciento para los cultivos agrícolas del valle y 73 por ciento para el cultivo del sorgo.

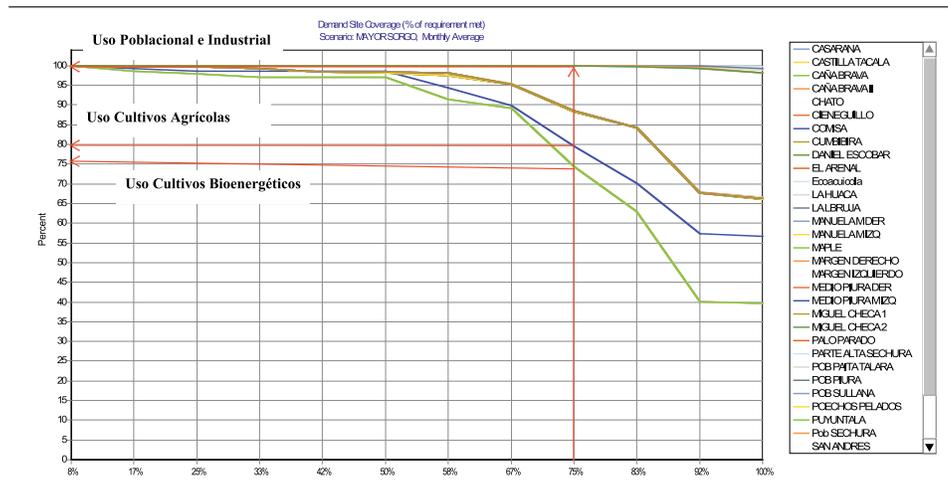
Los resultados obtenidos, aunque no son satisfactorios, muestran otras posibilidades de uso de cultivos con el mismo propósito (etanol) pero con menores volúmenes de uso de agua.

Confiabilidad del sistema

En este Escenario la confiabilidad del sistema mejora con un promedio de 70 por ciento, lo que indica que el abastecimiento de agua a las demandas sería superior con respecto al Escenario anterior (Figura 4.7).

Figura 4.7

Cobertura de la demanda del Sistema evaluada al 75 por ciento de confiabilidad - Escenario 3



4.4.4 ESCENARIO 4: CON ÁREAS DE CAÑA DE AZÚCAR Y AMPLIACIÓN DE ÁREAS DE CULTIVO Y MAYOR VOLUMEN DEL EMBALSE

Este modelo incorpora el crecimiento de las áreas potenciales de los agricultores, además de las áreas instaladas con cultivos de caña de azúcar. Los principales parámetros que caracterizan este escenario se encuentran en el Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7

Parámetros principales del Escenario 4

| Periodo | Histórico (1939-2008) | Futuro cercano (2010-2030) |
|--|--------------------------------------|---|
| Crecimiento poblacional (%) | 1,17 | 1,17 |
| Demanda <i>per capita</i> de agua l/hab/día, urbano y rural | 120 | 120 |
| Incorporación de tierras al cultivo (%) | 0 | 50 (cultivo de caña – valle Chira) 9,6 (otros cultivos - ambos valles) |
| Cantidad de agua de riego por unidad de área m ³ /ha | 7 319,75 (maíz) 17 026,04 (arroz) | 7 319,75 (maíz) 17 026,04 (arroz) 15 610,58 (caña) |
| Consumo industrial Hm ³ | 1,23 | 1,23 |
| Incremento del volumen útil del embalse por cambio de cota máxima de regulación (Hm ³) | 0 | 50 |
| Uso de agua subterránea (Hm ³) | 0 | 30 |

Demanda atendida

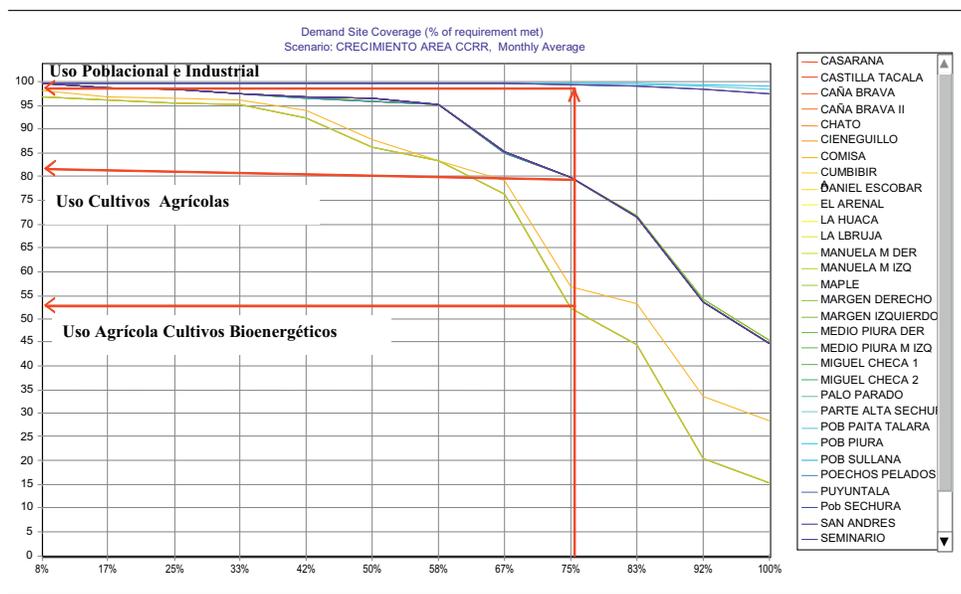
Los resultados de la simulación del modelo para el este escenario, muestran un nivel de cobertura de la demanda del 98 por ciento para la demanda poblacional, 80 por ciento para los cultivos agrícolas del valle y 52 por ciento para los cultivos de caña.

Los resultados obtenidos, aunque no son satisfactorios, muestran posibilidades de uso del valle en cultivos bioenergéticos (etanol) pero en menores volúmenes de uso de agua (50 por ciento).

Confiabilidad del sistema

La confiabilidad del sistema en este Escenario disminuye y tiene un promedio de 59 por ciento, lo que indica que la satisfacción del abastecimiento de agua a las demandas se vería muy afectado y el sistema no sería confiable (Figura 4.8).

Figura 4.8
Cobertura de la demanda del Sistema evaluada al 75 por ciento de confiabilidad - Escenario 4



4.5 ANÁLISIS DE LA SOSTENIBILIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

En base a los resultados obtenidos a través de los diferentes Escenarios simulados con el propósito de evaluar el impacto que cada Escenario tiene sobre la confiabilidad del sistema y como se puede apreciar en el Cuadro 4.8 y la Figura 4.9, el Sistema Chira-Piura, en general es un sistema con limitada confiabilidad en los Escenarios de Referencia y arroja valores no satisfactorios en los otros Escenarios.

Cuadro 4.8

Parámetros de evaluación de sostenibilidad del sistema en conjunto

| Elementos | Escenarios | | | |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | Escenario 1 | Escenario 2 | Escenario 3 | Escenario 4 |
| Número de déficits | 279 | 381 | 337 | 453 |
| Confiabilidad (%) | 74,9 | 65,7 | 69,7 | 59,3 |
| Vulnerabilidad media Hm ³ /mes | 99,64 | 99,40 | 95,38 | 117,54 |
| Vulnerabilidad máx. Hm ³ /mes | 180,7 | 204,8 | 206,6 | 241,0 |
| Resiliencia media (mes) | 3,9 | 4,4 | 3,8 | 4,3 |
| Resiliencia máx. (mes) | 12,0 | 17,0 | 11,0 | 17,0 |

Se observa que:

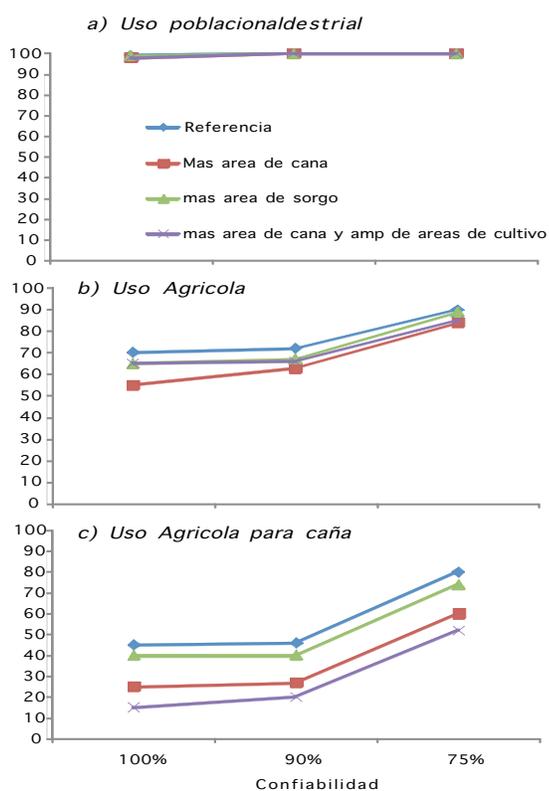
- I. **Escenario 1 de Referencia (situación actual):** este Escenario presenta 279 meses de déficit en los 1 112 meses analizados en 98 años: el tamaño medio de los déficits mensuales es 99,64 Hm³. Es un valor alto considerando que la demanda mensual varía de 100 Hm³ a 270 Hm³. La confiabilidad de 75 por ciento es un valor límite, lo que indica que se requiere trabajar en la gestión de la demanda para obtener una confiabilidad mayor a 75 por ciento. Otro indicador importante es su capacidad de resiliencia: 3,9 meses en promedio, pero que puede presentar un valor de hasta 12 meses. Estos indicadores presentan un Escenario apenas Satisfactorio.
- II. **Escenario 2:** Este escenario muestra una confiabilidad del 65 por ciento, presenta un elevado número de déficit (381 veces), su vulnerabilidad es similar al Escenario anterior y su resiliencia se ve incrementada 4,4 meses en promedio a 17 meses como valor máximo. En función de los indicadores, este Escenario se califica como No Satisfactorio.
- III. **Escenario 3:** Este escenario se vislumbra como la alternativa de mejor uso de agua en cultivos bioenergéticos ya que los indicadores mejoran y la confiabilidad se eleva a 70 por ciento. La vulnerabilidad continúa siendo alta (95,3 Hm³) y la capacidad de sobreponerse a un estado de déficit es de 3,8 meses en promedio y un máximo de 11 meses. Esto significa que tomaría solamente 3,8 meses para salir de un estado deficitario. Sin embargo, a pesar de esa mejora, el sistema resulta No Satisfactorio.
- IV. **Escenario 4:** Este Escenario es el que muestra la más baja confiabilidad (59 por ciento); como se puede apreciar en el Cuadro 4.8, el número de déficit es alto (453). El nivel de

cobertura de la demanda es también bajo y la resiliencia y la vulnerabilidad son altas y similares a las del Escenario 2. Por ello, es un Escenario No Satisfactorio.

En conclusión, según el presente estudio, sólo el Escenario I es Satisfactorio, pero con limitaciones y los otros tres Escenarios son No Satisfactorios.

Figura 4.9

Variación de cobertura de la demanda por escenario y tipo de demanda



4.6 CONCLUSIONES

La evaluación de los cuatro Escenarios donde varían la demanda y la disponibilidad de agua en el valle del río Chira describe y evalúa sus impactos desde el punto de vista de la confiabilidad del sistema, la cobertura de la demanda y la vulnerabilidad del sistema. Dichos escenarios son: Escenario 1 de Referencia, Escenario 2 con incremento de áreas con caña de azúcar, Escenario 3 con incremento de áreas con sorgo y Escenario 4 con aumento de áreas con caña y aumento de áreas de cultivo de los agricultores.

La simulación del Sistema Hídrico Chira-Piura y la evaluación de la confiabilidad se realizaron con el modelo WEAP (*Water Evaluation and Planning System*) (Yates *et al.*

2005). Los resultados para los Escenarios 2, 3 y 4 indican una reducción de la confiabilidad, la cual conlleva una disminución de la demanda atendida; esta última disminuye del 90 por ciento (referencia) a 84, 89 y 85 por ciento para los agricultores y de 80 por ciento a 60, 74 y 52 por ciento para los cultivos bioenergéticos.

Estos resultados configuran que el Escenario 1 sea Satisfactorio con limitaciones y los Escenarios 2, 3 y 4 sean No Satisfactorios.

Los resultados muestran la necesidad urgente de una planificación del aprovechamiento de los recursos de agua y de suelo de los valles Chira y Piura. Asimismo, una mejora de la productividad del agua (0,7 kg de arroz/m³ de agua usada y 1,34 kg/m³ valle en su conjunto), lo que permitiría una mayor producción de alimentos con el mismo volumen de agua y las mismas extensiones de suelo.

En consecuencia, es posible hacer las siguientes recomendaciones:

- Formular planes de aprovechamiento de las aguas y el suelo del valle de Chira, con el fin de optimizar su uso.
- Ahondar los estudios referidos al sorgo como cultivo bioenergético, porque tiene menores requerimientos de agua.
- Incorporar medidas de control de la erosión en la cuenca alta del río Chira para disminuir la producción de sedimentos en la cuenca.
- Mejorar la eficiencia de las aguas de regadío
- Disminuir o eliminar el sistema de riego por pozas por ser muy ineficiente