

PARAMETROS EXPRESION DE BROOKS Y CORBY $\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left(\frac{p}{p_c}\right)^{-\lambda}$

TIPO DE SUELO	θ_r	θ_s	λ	$\frac{p}{p_c}$	r^2
Areno-Limoso	0,01	0,54	0,231	0,010	0,4037
Limo-Arcilloso	0,01	0,60	0,233	0,208	0,7920
Arcilloso-Limoso	0,31	0,62	1,08	0,804	0,9738

PARAMETROS EXPRESION DE VIERER MODIFICADA

TIPO DE SUELO	θ_r (1)	θ_s	$z(2)$	α	r^2
Areno-Limoso	0,01	0,34	-3,07	0,997	0,6074
Limo-Arcilloso	0,01	0,60	-2,86	0,941	0,5387
Arcilloso-Limoso	0,31	0,62	0,006	0,722	0,4796

Obs.: (1) θ_r determinado por la expresión de Brooks y Corby
(2) $z = \ln A$

ANÁLISIS DEL AGUA SUBTERRANEA EN LA ZONA DE LOS PERFILES VERTICALES (muestras en pozo DCA-233)

T	= 22,2 °C	N_k	= 125,9 meq/l	Cl^-	= 161,8 meq/l
pH	= 8,70	K^+	= 17,4	SO_4^{2-}	= 38,5
C.E.	= 19.000 μ hos/cm	Ca^{2+}	= 43,1	RCD ₅₀	= 0,00
S.T.D.	= 14,710 me/l	Mg^{2+}	= 18,9	CO_3^{2-}	= 1,44

PERMEABILIDAD INTRINSECA ZATURANA

Profundidad Suelo A (m)	Tipo Suelo	K_g (m ² /seg)	K_g (m ² /seg)	PERFIL
0,00	Arcillo-Limoso	$2,27 \times 10^{-13}$	11×10^{-14}	1
1,00	Limo-Arcilloso	$6,80 \times 10^{-12}$	15×10^{-14}	1
1,26	Limo-Arcilloso	$3,6 \times 10^{-12}$	18×10^{-14}	1
1,30	Areno-Limoso	$1,8 \times 10^{-12}$	18×10^{-14}	2
1,31	Areno-Limoso	$3,8 \times 10^{-11}$	15×10^{-14}	3
0,25	Areno-Limoso	$2,4 \times 10^{-12}$	18×10^{-14}	3
0,35	Areno-Limoso	$1,90 \times 10^{-12}$	15×10^{-14}	3
0,75	Areno-Limoso			3

VALORES DE K_a ADOPTADOS

Perfil	Elevación sobre N.R.	Suelo	K_a (seg)
No 1	1,72 = 1,071 1,069 = 0,471 0,469 = 0	-- Arcillo-Limoso Limo-Arcilloso	no confiable $2,28 \times 10^{-13}$ $6,89 \times 10^{-12}$
No 2	1,50 = 0,801 0,799 = 0,401 0,399 = 0	-- Limo-Arcilloso Areno-Limoso	no confiable $3,61 \times 10^{-12}$ $1,88 \times 10^{-12}$
No 3	1,00 = 0,500 0,500 = 0,101 0,099 = 0	-- Areno-Limoso Limo-Arcilloso	no confiable $1,89 \times 10^{-12}$ $5,61 \times 10^{-12}$

SOCIEDAD CHILENA DE INGENIERIA HIDRAULICA
VII CONGRESO NACIONAL

SIMULACION AGRO-HIDROLOGICA Y DESARROLLO AGRICOLA
EN VALLES DE LA V REGION - CHILE

- Gastón Galleguillos B. (1)
Augusto Lucchini S. (2)
Gustavo Méndez T. (2)

RESUMEN

Se presenta un modelo de simulación agrícola, hidrológica y económica, construido a partir de la información contenida en un estudio encargado por la Comisión Nacional de Riego para la planificación integral del regadío de los valles de los ríos Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca.

Dentro de las numerosas aplicaciones que un modelo de esta naturaleza permite, se da cuenta de las realizadas con el propósito de estudiar los efectos sobre la producción e ingreso agrícolas derivados de diferentes vías de acción en las áreas de obras hidráulicas, infraestructura de riego, cambios de estructuras de cultivos e incremento de la productividad agrícola.

Los resultados obtenidos conducen a plantear, en primera instancia, la conveniencia de acentuar las acciones de asistencia técnica y crediticia, y la creación de mecanismos financieros y administrativos, con miras a lograr las metas de producción agrícola proyectadas por el estudio mencionado para los valles de los ríos Aconcagua y Putaendo.

- (1) Ingeniero Civil. Profesor Investigador del Depto. de Obras Civiles de la Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso-Chile.
(2) Ingeniero Civil. Investigador Ayudante del Depto. de Obras Civiles de la Universidad Técnica Federico Santa María. Valparaíso-Chile.

1. INTRODUCCION

Quienes deben desempeñar el rol de estudiar, proyectar y decidir respecto del desarrollo de la agricultura de riego en una nación enfrentan una problemática sin duda compleja.

Las alternativas de acción estatal, dentro de los lineamientos de una economía social de mercado, comprenden acciones destinadas a incentivar una movilización de los agentes económicos privados -agricultores- hacia una efectiva utilización y desarrollo de los recursos económicos, tecnológicos, naturales y humanos existentes, así como el estudio y concreción de las obras de ingeniería que subsidiariamente corresponde al Estado materializar.

El proceso que conduzca a las decisiones técnico-económicas más adecuadas, requiere abordar el estudio de un sistema en el que interactúan variables físicas: recursos de agua, tierra, clima, estructura de cultivos, infraestructura de riego, etc., económicas: inversiones, costos de operación, márgenes brutos de cultivos, facilidades crediticias, tasas de descuento, etc., sociales: capacidad empresarial, nivel tecnológico y organizativo de los agricultores, etc. y legales: derechos de agua, transacciones de derechos de agua, etc.

En este contexto, los valles de los ríos Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca han sido objeto durante este siglo de numerosos proyectos de embalse y estudios integrales (Silva, 1981) que, desgraciadamente, no han conducido a decisiones de ejecución de las obras que han sido concebidas para aumentar la disponibilidad oportuna de agua de regadío.

El último de ellos, patrocinado por la Comisión Nacional de Riego y ejecutado por un Consorcio Chileno-Británico (CNR-CICA, 1982), constituye el más completo esfuerzo desplegado para producir y tratar la gran cantidad de información que conforma este sistema agro-hidrológico. El empleo

de metodologías computacionales permitió construir un modelo matemático de simulación (Isensee, 1981), de indudable interés para analizar el comportamiento del sistema en las situaciones presentes y futuras que quepa alentar.

En este trabajo se realiza una somera descripción de un modelo de simulación construido en la Universidad Técnica Federico Santa María (Galleguillos et al, 1985), a partir de la información divulgada por la Comisión Nacional de Riego, y de algunas aplicaciones respecto de estrategias alternativas de desarrollo de estos valles.

2. MODELO DE SIMULACION AGRO-HIDROLOGICA

El modelo matemático de simulación agro-hidrológica de los valles Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca, permite simular la realidad agro-hidrológica actual del sistema y a partir de esta situación base, permite evaluar las respuestas hidrológica, agrícola y económica del sistema frente a situaciones de proyecto que pretendan desarrollar su agricultura de riego.

2.1. Soporte Físico.

La caracterización física del modelo, está estrechamente ligada a las condiciones imperantes en los valles el año 1978, en lo que se refiere a la estructura de cultivos, tecnología agrícola, infraestructura de riego, estructura legal de distribución del recurso y condiciones operacionales de ésta.

En la Figura 1 se muestran los valles en estudio junto a los límites de su área de riego. El sistema físico real o prototipo correspondiente a dichos valles se esquematizó por medio de elementos, que vinculados entre sí, permiten representar en forma simplificada y razonable la realidad imperante en el sistema prototipo.

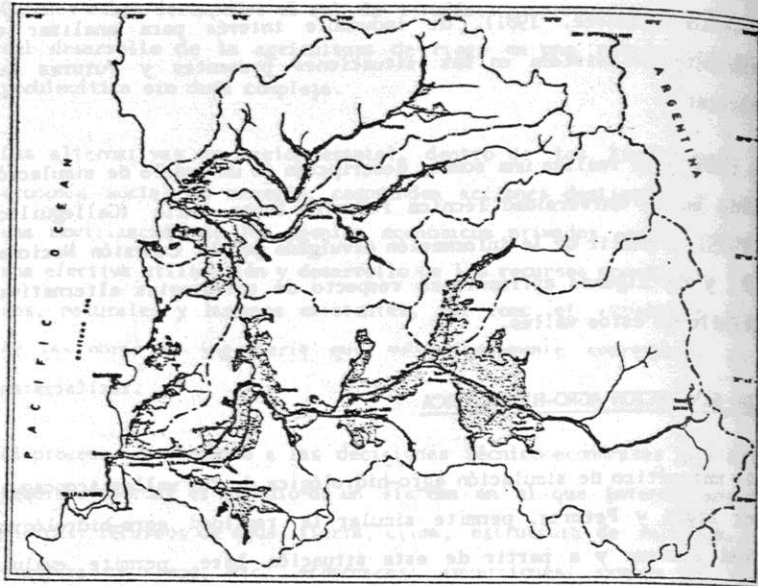


FIGURA 1 El Area en Estudio

Lo anterior se realizó a partir de 6 elementos fundamentales identificados dentro del sistema. En este caso ellos corresponden a los sectores de riego, los nodos de distribución del recurso, los tramos de ríos y esteros, los canales de trasvase, los embalses superficiales y los acuíferos.

2.2. Soporte Conceptual.

En este caso se establecieron bases conceptuales de simulación para cada uno de los elementos, de manera que, posteriormente, el proceso global a nivel de valle o sistema pueda ser representado por medio del ensamblaje múltiple de los sub-procesos que representan cada uno de los elementos.

Tratándose de un modelo de planificación, se estimó conveniente trabajar con una escala de tiempo mensual. El soporte conceptual del modelo se estableció principalmente a partir de las adaptaciones que hizo L. Stowhas de los modelos desarrollados en la Universidad de Stanford, (Crawford y Linsley, 1966) y los conceptos desarrollados por CICA.

En los nodos se incorporaron los porcentajes de derechos de los regantes de cada uno de los sectores que se sirven de él; en los canales de trasvase y tramos de ríos y esteros se evaluaron las percolaciones en base a relaciones paramétricas. Dichas percolaciones junto con las del riego constituyen recargas para los acuíferos cuyas descargas subterráneas se simuló como las salidas de un embalse de tipo lineal.

Los retornos de los sectores de riego, las descargas de los embalses subterráneos junto con los caudales que pueden ser transmitidos por el acuífero en determinados lugares del valle, han permitido representar adecuadamente el complejo fenómeno de las recuperaciones del río, problema fundamental para una correcta evaluación de los recursos de agua disponibles.

En los sectores de riego se modeló el estrato no saturado del suelo (zona de raíces) por medio de un estanque cuyos rebalses drenan hacia el acuífero. Dicha modelación permitió realizar un balance de humedad a partir de los efectos de la lluvia, el riego y el consumo evapotranspirativo de los cultivos. Para cada uno de estos efectos se establecieron modelos paramétricos de ocurrencia en términos de sus magnitudes y el nivel de humedad existente en el suelo. Todo lo anterior permitió representar en forma razonable el fenómeno de regadío y como consecuencia caracterizar temporalmente y espacialmente la problemática del déficit y seguridad de riego.

Por otro lado, para la evaluación de los ingresos agrícolas netos que se generan como consecuencia del riego, se implementó una metodología

basada en el principio de comportamiento racional de los agricultores. Dicha metodología supone que éstos planifican las siembras de sus cultivos anuales sobre la base de sus expectativas acerca de la disponibilidad de agua durante la temporada de riego. Por otro lado, si los agricultores enfrentan una situación de escasez de agua, se aplica un criterio de reducción de cultivos que contempla sus rentabilidades relativas y la distribución de la propiedad en un sector de riego. La aplicación de este criterio en cada mes de la temporada de riego, permite evaluar el área regada mensualmente y, como consecuencia, las áreas sembradas y cosechadas de cada uno de los cultivos. Con esta información, el cálculo del ingreso agrícola anual, por sector de riego, se traduce en evaluar los ingresos netos que se generan a partir de las hectáreas cosechadas menos las pérdidas en que se incurre como consecuencia de las hectáreas sembradas pero no cosechadas.

2.3. Soporte Computacional.

Para implementar computacionalmente el modelo de simulación agro-hidrologica del sistema de recursos hidráulicos superficiales y subterráneos que caracteriza a los valles objeto del estudio, se ha construido un programa computacional denominado MOSAH. La calibración del modelo se realizó sobre la base de 21 parámetros.

El programa está escrito en el lenguaje computacional FORTRAN 10/77 con precisión simple y actualmente puede ser compilado y procesado en un computador DIGITAL en su versión DEC 2020. El programa esta compuesto por 22 subprogramas de diferente jerarquía y función, más un programa principal encargado de controlar su ejecución en forma directa o indirecta. En la figura 2 se presenta el diagrama de bloques del programa. En esta figura se han detallado los nombres de los subprogramas y una síntesis de la función que desempeñan. En la Figura 3 se presenta la información de entrada y salida del modelo.

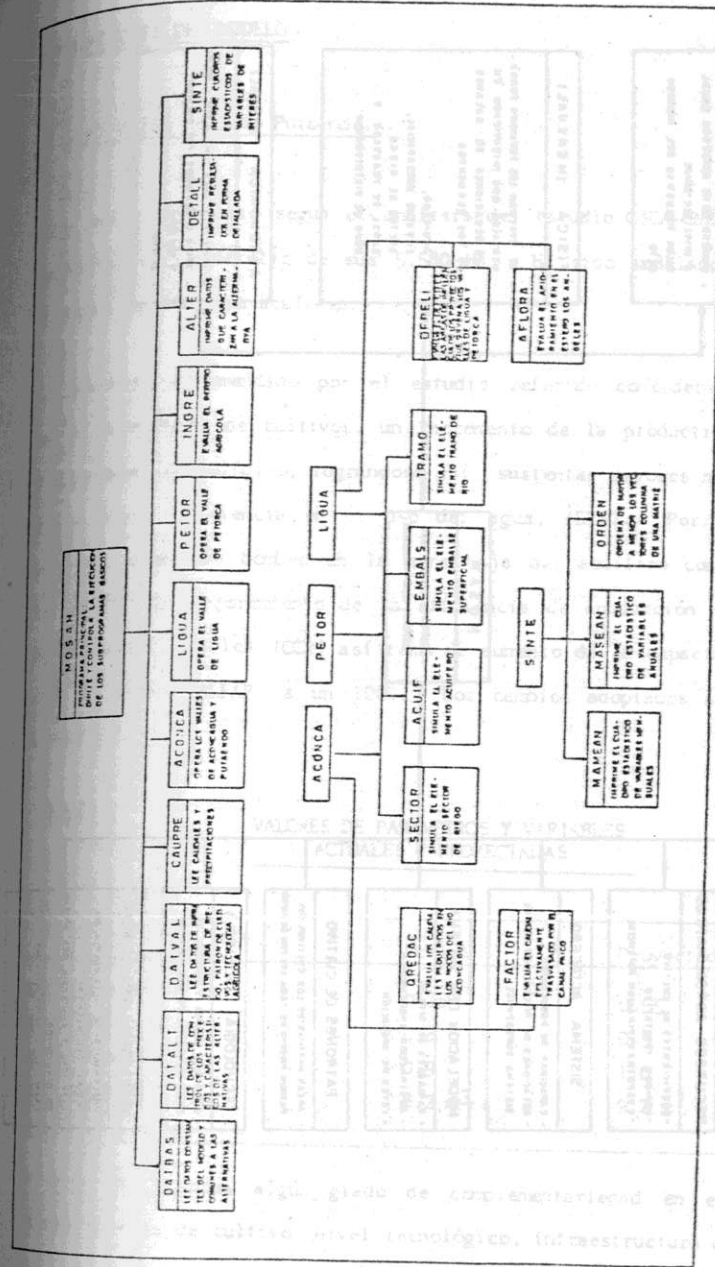


FIGURA 2 Diagrama de Bloques del Programa Computacional

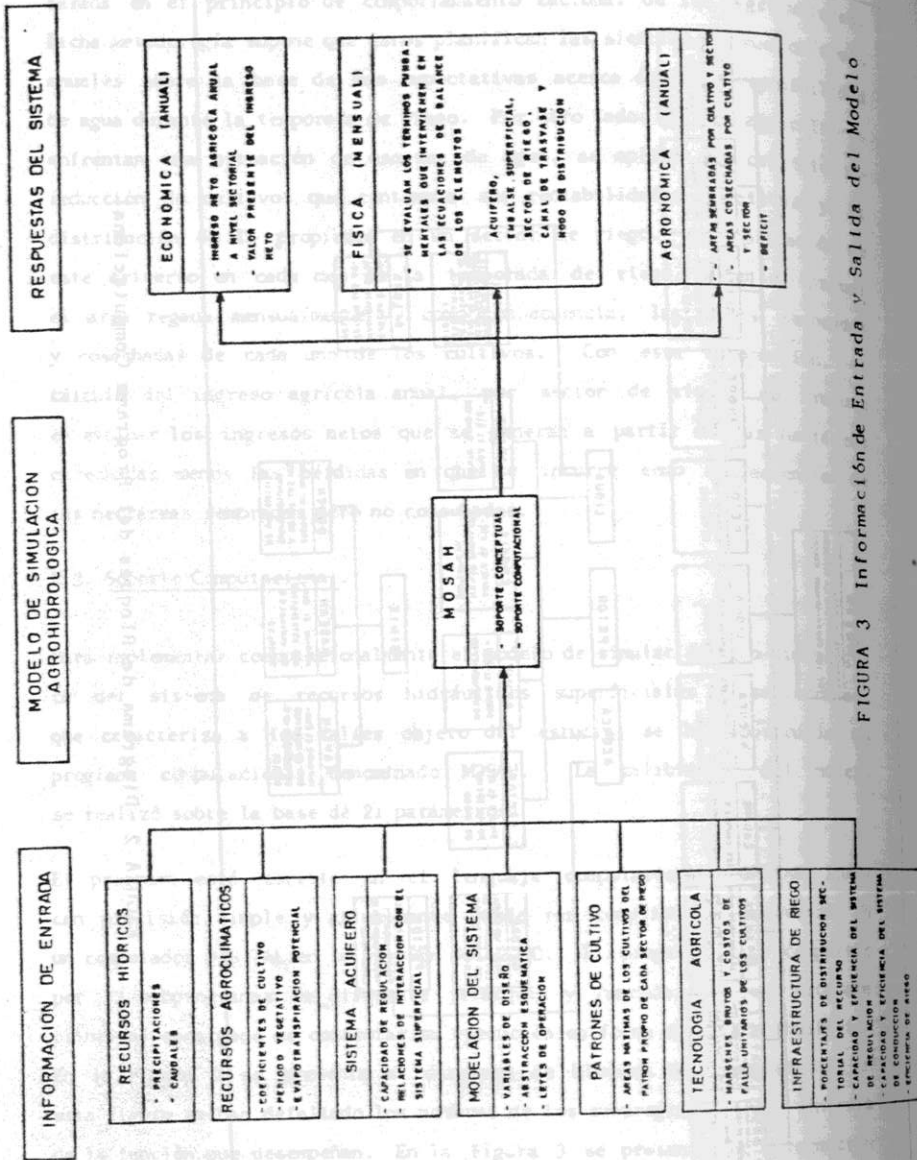


FIGURA 3 Información de Entrada y Salida del Modelo

3. APLICACIONES DEL MODELO

3.1. Al Valle del Río Putaendo.

Este valle presenta, según el análisis del estudio CICA-CNR, un atractivo potencial de desarrollo de sus 5.580 Há. Ha sido modelado con 3 nodos, 2 tramos de río y un acuífero.

El proyecto recomendado por el estudio referido considera alcanzar una nueva estructura de cultivos, un incremento de la productividad agrícola y del nivel tecnológico, lográndose así sustentar mayores márgenes brutos y una mejor eficiencia en el uso del agua, (EFS). Por otro lado, se proponen obras de bombeo en la zona baja del acuífero con capacidad de 1,5 m³/s, de mejoramiento de la eficiencia de conducción (EFC) y de la capacidad de canales (CCR) así como de aumento de la capacidad de regulación nocturna (ALFAR) a un 100%. Los cambios adoptados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1 VALORES DE PARAMETROS Y VARIABLES ACTUALES Y PROYECTADAS

	Actual	Proyectado
EFS (Par.)	0.48	0.55
EFC (Par)	0.8	0.9
ALFAR (Par)	0.9	1.0
CCR (Var.)	8.2 m ³ /s	9.2 m ³ /s

Si bien se plantea algún grado de complementariedad en el desarrollo de estructuras de cultivo, nivel tecnológico, infraestructura de conducción

y regulación y obras de explotación de aguas subterráneas, se consideró interesante correr el modelo para las 8 alternativas que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2 SITUACIONES ACTUAL Y PROYECTADAS

Notación	Estructura de Cultivos y Nivel Tecnológico	Bombeo	Infraestructura de Riego
ECA/NTA-NB-IRA	actual	no	actual
ECA/NTA-B-IRA	actual	sí	actual
ECA/NTA-NB-IRF	actual	no	futuro
ECA/NTA-B-IRF	actual	sí	futuro
ECF/NTF-NB-IRA	futuro	no	actual
ECF/NTF-B-IRA	futuro	sí	actual
ECF/NTF-NB-IRF	futuro	no	futuro
ECF/NTF-B-IRF	futuro	sí	futuro

La Figura 4 muestra el valor presente del ingreso neto de los agricultores obtenido de la actualización de una anualidad constante igual al valor esperado de la variable que entrega el modelo, luego de ser corrido por un periodo de 35 años para cada una de las 8 combinaciones antes descritas.

El análisis de las cifras obtenidas, las que no incluyen ni el monto de las inversiones, ni los costos de operación de las obras civiles, indica la importancia de acelerar la transición hacia las estructuras de cultivos y niveles de productividad proyectados. Con miras a estudiar más a fondo la posibilidad de abordar exclusivamente el desarrollo de estos aspectos, se realizó un post-proceso de la información arrojada por el modelo para obtener la información de flujos, promedios y riesgos económicos que se grafican en la Figura 5.

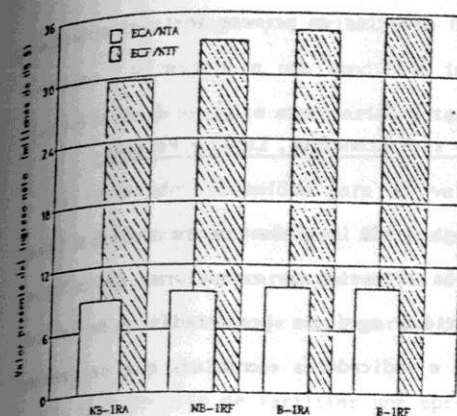


FIGURA 4
Ingresos Netos Totales
de las Alternativas

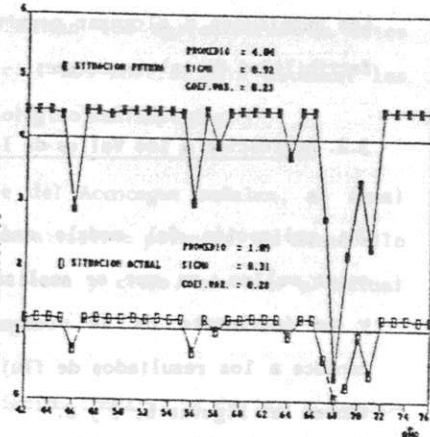


FIGURA 5
Flujo del Ingreso Agrícola Anual
Valle de Putaendo

Como se observa en la situación hipotética en que ya se han alcanzado la estructura de cultivos y de márgenes brutos concebida por el estudio CICA-CNR, con la infraestructura de riego actual, se logra un incremento de 270% en el ingreso neto promedio de los agricultores, con un indicador de riesgo -coeficiente de variación (\sqrt{x})- sorprendentemente menor. Como contrapartida se debe consignar que el valor absoluto de las pérdidas de algunos agricultores o de la variabilidad de los ingresos es obviamente mayor. Este análisis conduce a plantearse interrogantes respecto de las acciones a propiciar para alcanzar tales beneficios. Además de las acciones estudiadas por CICA: acción estatal en asistencia técnica, de organización, de desarrollo de la capacidad empresarial, del análisis efectuado, surge la idea de proyectar un mecanismo que sustituyendo tal vez a las obras hidráulicas mayores, las que proporcionan mayor seguridad económica vía seguridad hidrológica, se actúe directamente sobre la primera: Fondos de Amortiguación, o de capital de riesgo o de Seguros Agrícolas, etc.

Las magnitudes a alcanzar permiten aseverar en primera instancia la clara factibilidad de tales acciones.

3.2. Aplicación a los Valles de los ríos Aconcagua, Ligua y Petorca.

Una aplicación del modelo análoga a la precedentemente descrita para estos valles, en que se analiza la situación de estructuras de cultivos y de incremento de la productividad agrícola proyectadas para ellos, conduce a los resultados de flujos e indicadores económicos que se presentan en las Figuras 6, 7 y 8.

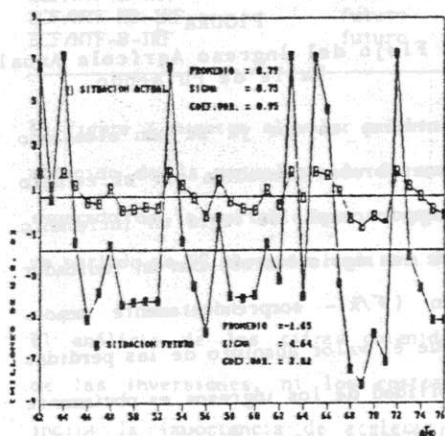


FIGURA 6

Flujo del Ingreso Agrícola Anual Valle de Ligua

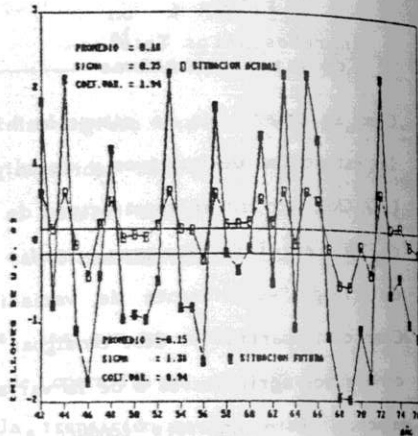


FIGURA 7

Flujo del Ingreso Agrícola Anual Valle de Petorca

El análisis de la información contenida en tales figuras señala con absoluta claridad al recurso agua como el factor más limitante al desarrollo agrícola de los valles de los ríos Ligua y Petorca; por otro lado, no resulta aventurado señalar que la variabilidad de los ingresos y los

niveles de riesgo que actualmente enfrentan los agricultores de estos valles, se asocia a una condición inicial más adversa para alcanzar los niveles de desarrollo empresarial y tecnológico contempladas.

Los resultados obtenidos para el valle del Aconcagua señalan, al igual que en el caso del valle del Putaendo, un atractivo potencial de desarrollo agrícola de sus recursos naturales de tierra y clima, aún con el actual nivel de utilización de sus recursos de agua.

Con el propósito de facilitar una apreciación comparativa de las situaciones analizadas, se ofrece en la Figura 9 un gráfico de los valores actualizados de los ingresos netos promedios de los agricultores para las situaciones presente y futura descritas. Estos valores corresponden a un periodo de actualización de 50 años.

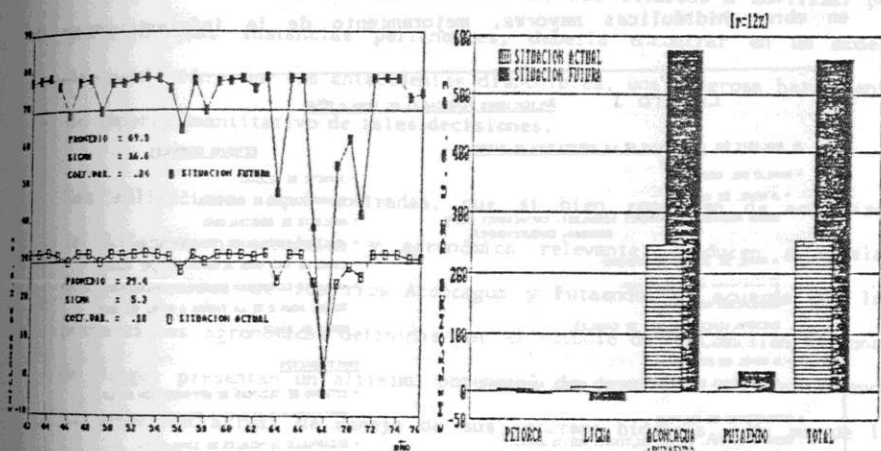


FIGURA 8

Flujo del Ingreso Agrícola Anual Valles de Aconcagua y Putaendo

FIGURA 9

Valor Presente de los Ingresos Agrícolas Anuales por Valle

4. CONCLUSIONES Y PROPOSICIONES

La disponibilidad de un modelo de simulación del comportamiento de un sistema agro-hidrológico como el presentado, permite visualizar un amplio campo de aplicaciones potenciales que trascienden las de la finalidad específica para el cual fue construido.

Una enumeración tal vez incompleta, de tales aplicaciones se reseña, a modo ilustrativo, en el Cuadro 1.

En este trabajo se han presentado resultados de algunas aplicaciones del modelo. Estas responden al interés de analizar los efectos de las diferentes vías de acción que la disponibilidad de recursos naturales y la situación presente del agro permite promover. Estas son: inversión en obras hidráulicas mayores, mejoramiento de la infraestructura de

Cuadro 1 Aplicaciones Potenciales del Modelo MESAR

<u>ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA AGRICULTURA DE RIEGO</u>	<u>ESTUDIOS GENERALES</u>
- MANEJO DEL AGUA	- IMPACTO DE SEQUÍAS
- A NIVEL DE VALLE: OBRAS HIDRÁULICAS MAYORES (EMBALSES, CAPTACIONES SUBTERRÁNEAS, COORDINACIONES).	- PLANIFICACIÓN DE SIEMBRAS
- A NIVEL DE SECTOR DE REGADÍO: EFICIENCIAS DE CONDUCCIÓN, REGULACIÓN NOCTURNA, NACIONALIZACIÓN DE RED DE CANALES.	- ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD
- A NIVEL DE PREDIO: TECNOLOGÍAS DE RIEGO (TENDIDO, BOTE, ASPERSIÓN).	- ANÁLISIS HIDROLÓGICO (CONTAMINACIÓN O CALIDAD DE AGUA USOS ALTERNATIVOS DEL AGUA).
- ESTRUCTURAS DE CULTIVO REDISTRIBUCIÓN, NUEVOS CULTIVOS, NUEVAS ÁREAS.	- ANÁLISIS ECONÓMICOS GENERALES (VALORAMIENTO DEL AGUA O DE LA TIERRA A NIVEL DE SECTORES DE RIEGO).
- MARGENES BRUTOS PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA, EFECTOS MACROECONÓMICOS, CONDICIONES DE MERCADO.	<u>INVESTIGACIÓN</u>
- DERECHOS DE AGUA.	- ESTUDIO DE TÉCNICAS DE OPTIMIZACIÓN DE LA OPERACIÓN Y DISEÑO DE SISTEMAS DE OBRAS.
	- DESARROLLO DE MODELOS DE SIMULACIÓN.

riego a nivel de sector, cambios en la estructura de cultivos, incrementos de productividad agrícola por hectárea y por cultivo, etc. El grado de complementariedad de tales vías de acción se juzga elevado toda vez que el Estado decidiera realizar cuantiosas inversiones en obras mayores, lo que obliga a actuar en todos estos frentes para asegurar la recuperación de las mismas. Sin embargo, de existir dudas respecto a la conveniencia de ejecutar tales obras, esto no debe conducir a descartar a priori la posibilidad de alentar la acción estatal en los otros rubros mencionados.

La aseveración antes planteada, muy probablemente no constituye novedad para quienes desempeñan por parte del Estado el rol de fomentar el desarrollo de las capacidades empresariales y tecnológicas de los agricultores. Sin embargo, se estima que el análisis conducente a las decisiones del énfasis, monto y destino adecuado de los recursos a movilizar por parte de las instancias pertinentes, debería encontrar en un modelo de simulación como los antecedentes disponibles, una poderosa herramienta de soporte cuantitativo de tales decisiones.

Las aplicaciones aquí mostradas, que si bien requieren de actualizar la información económica y agronómica relevante, conducen a señalar que los valles de los ríos Aconcagua y Putaendo, de acuerdo con las proyecciones agronómicas definidas por el estudio de la Comisión Nacional de Riego, presentan un altísimo potencial de desarrollo aún manteniendo la situación actual de manejo de sus recursos hídricos. No sucede lo mismo en los casos de los valles de los ríos Ligua y Petorca en los que, como se señalara anteriormente, es el agua la más seria limitante a sus desarrollos.

Del análisis efectuado, surge como conclusión fundamental, la necesidad de estudiar más a fondo la factibilidad de llevar a cabo una decidida acción en los valles Aconcagua y Putaendo, que estimule una rápida evolución hacia las estructuras de cultivo y niveles de productividad agrícola proyectadas. El monto de los recursos económicos necesarios para realizar la gestión requerida en asistencia técnica, apoyo crediticio y desarrollo organizacional, que el estudio referido también ha evaluado, refuerzan este planteamiento. Complementariamente, la alternativa de compensar la variabilidad de los ingresos mediante mecanismos financieros (fondo de seguros, de capital de riesgo, fondos compensatorios, etc.), se considera, a la luz de las cifras presentadas, una materia cuyo estudio se juzga necesario propiciar, toda vez que se visualiza en ello la posibilidad de alcanzar interesantes rentabilidades para los recursos que, secuencialmente en el tiempo, el Estado o las instituciones financieras privadas estén en condiciones de invertir en el sector agrícola.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Silva, J., (1985). "El Sistema Aconcagua". Seminario: Técnicas de Planificación y Optimización de Recursos Hidráulicos. ESVAL, Comisión Nacional de Riego y Universidad Técnica Federico Santa María.
- 2.- CICA, Binnie & Partners, Hunting Technical Services, Comisión Nacional de Riego de Chile (1983). Estudio integral de riego de los valles Aconcagua, Putaendo, Ligua y Petorca. Vols. I, II, III, IV, V y VI. República de Chile.

- 3.- Isensee, P., (1981). "Modelo de Simulación del Sistema de Recursos Hidráulicos de Aconcagua - Ligua - Petorca". Seminario: Técnicas de Planificación y Optimización de Recursos Hidráulicos. ESVAL, Comisión Nacional de Riego y Universidad Técnica Federico Santa María.
- 4.- Galleguillos, G., G. Méndez y A. Lucchini (1985). "MDSAH. An agro-hydrological simulation model". IFAC Conference on Systems Analysis Applied to Water and Related Land Resources. Octubre. Portugal.
- 5.- Stowhas, L. (1979). Reformulación de un modelo de simulación hidrológica para la hoya del río Aconcagua. Instituto Nacional de Investigación de Recursos Naturales de Chile.
- 6.- Crawford, N.H., and R.K. Linsley (1966). Digital simulation in hydrology: Stanford Watershed Model IV. Technical Report N° 39, Dept. of Civil Engineering, Stanford University.

En este trabajo se analizan los valores horarios de las tormentas en una muestra representativa de estaciones pluviométricas con el fin de definir perfiles o histogramas de diseño asociados a las probabilidades de ocurrencia. La distribución en el tiempo de la lluvia durante un temporal es un factor importante para el diseño de obras de riego, proyecto de canales y sifones y para la construcción de presas en una cuenca. Los resultados alcanzados entregan perfiles de diseño típicos con probabilidades de ocurrencia, representativos de diferentes tipos de lluvia. No se detectó en los resultados una dependencia significativa para las curvas de distribución, por lo cual los resultados pueden aplicarse en una región bastante extensa de Chile.

Ing. Civil, M.D., Profesor Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile