



PRIMER SEMINARIO NACIONAL
SOBRE DESERTIFICACION

25 - 26 - 27 DE JULIO DE 1977
SANTIAGO - CHILE

OFICINA DE PLANIFICACION
NACIONAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATOLICA DE CHILE

VICERRECTORIA DE
COMUNICACIONES

TALLER INTERDISCIPLINARIO
DE LA NATURALEZA

PRIMER SEMINARIO NACIONAL SOBRE DESERTIFICACION

METODOLOGIA PARA LA ASIGNACION OPTIMA DEL AGUA ENTRE SECTORES DE RIEGO DE UNA CUENCA

METHODOLOGY FOR THE OPTIMAL ALLOCATION OF IRRIGATION WATER IN AN ARID BASIN

Basilio Espíldora C. (1)

Luis Arrau del Canto (2)

INTRODUCCION

En la gran mayoría de las cuencas áridas y semi áridas de Chile, los ríos correspondientes están divididos en secciones que comprenden diferentes sectores de riego dentro de los valles con agricultura bajo riego. Estas secciones se han identificado teniendo en cuenta la realidad hidrológica de la cuenca, y los sistemas de distribución de agua de riego. Año a año durante la temporada de riego, las instituciones encargadas de la administración de las aguas (Juntas de Vigilancia de los ríos) distribuyen las aguas de regadío entre las secciones del río, ateniéndose a la disponibilidad de caudales en el río y conforme a los derechos de agua de los regantes. Los criterios de distribución de agua así empleados, están en general basados en la experiencia de años anteriores y suponen una estructura media muy aproximada de distribución de cultivos y por lo tanto de demandas de riego. No existe en general, ningún criterio explícito de óptimo económico

(1) Ingeniero Civil, Ph.D., Profesor Escuela de Ingeniería y Director del Departamento de Obras Cíviles de la Universidad de Chile.

(2) Investigador y Profesor Auxiliar, Centro de Recursos Hidráulicos. U Universidad de Chile.

para efectuar dicha asignación de agua entre sectores, primando fundamentalmente un criterio de proporcionalidad basado en los derechos de agua.

En estas cuencas áridas y semiáridas del país, la disponibilidad de recursos de agua a la entrada de los valles durante la temporada de riego, proviene de los caudales de derretimiento de las nieves acumuladas durante el invierno en las subcuencas cordilleranas respectivas. Mediante métodos hidrológicos modernos es posible pronosticar estos escurrimientos. Actualmente, los criterios de asignación de agua de riego tienen en cuenta sólo parcialmente y en forma muy aproximada esta posibilidad de pronóstico, excepto en años muy secos. Aún más, la distribución y extensión de cultivos que se adopta globalmente en una cuenca, se efectúa normalmente por condiciones ajenas a este pronóstico de disponibilidades.

El objetivo general de este trabajo es desarrollar una metodología que permita asignar óptimamente el agua de riego en una cuenca, entre diferentes sectores de riego dispuestos en serie a lo largo del río. Para ello se tiene en cuenta que los criterios de asignación de aguas pueden decidirse antes de iniciar el período de siembras de primavera, basándose en un modelo de pronóstico de escurrimientos de deshielo y en información sobre las variables económicas que determinarán los beneficios netos a obtener durante la temporada.

Para ello se elabora un modelo de asignación de aguas de riego basado en la Teoría de Decisiones bajo condiciones de incertidumbre, acoplado a modelos de programación lineal. De esta manera los objetivos específicos son desarrollar el modelo de asignación de manera que permita disponer de criterios y una estrategia de

distribución de agua que tenga en cuenta: las incertidumbres hidrológicas con respecto a los recursos de agua disponibles, los errores provenientes del modelo de pronóstico de escurrimiento empleado, las incertidumbres de tipo agro-económico en la evaluación de consecuencias y beneficios netos agrícolas, y la distribución y extensión de cultivos que año a año se adapte a las disponibilidades de agua y a una serie de condiciones agro-económicas.

Esta investigación pretende así efectuar un aporte metodológico que puede implementarse a corto plazo para optimizar el uso racional del recurso de agua en el sector agrícola bajo riego de una cuenca árida o semiárida.

El trabajo que aquí se resume, corresponde a una investigación del Programa de Zonas Áridas de la Universidad de Chile, desarrollada en el Centro de Recursos Hidráulicos de esta Universidad, con financiamiento de dicho Programa y del Proyecto Especial de Desarrollo de Zonas Áridas y Semiáridas de la Organización de Estados Americanos (OEA).

Los detalles del trabajo han sido publicados por el Centro de Recursos Hidráulicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. de la Universidad de Chile.

METODOLOGIA UTILIZADA

La metodología está basada en un Método de **Decisión** (MD) bajo condiciones de incertidumbre, fundamentado en los principios de la Teoría de Decisiones. En la estructura del MD se han distinguido los siguientes componentes básicos :

- Estados hidrológicos pronosticados (rangos de caudales medios estacionales y mensuales posibles de ocurrir según el pronóstico).
- Variables de incertidumbre (estados hidrológicos o rangos de caudales estacionales y mensuales que efectivamente se producen y variables agro-económicas).

- Variables de decisión o alternativas (asignación de caudales a cada sector de riego considerado).
- Función de consecuencias (beneficios netos anuales agrícolas de todos los sectores).

Dada la multiplicidad de alternativas posibles de asignación, se desarrollan dos tipos de modelos de programación lineal (MPL) que permiten especificar bajo condiciones determinísticas, una alternativa óptima de distribución y extensión de cultivos para cada estado hidrológico. Estos MPL permiten además cuantificar las consecuencias para cada combinación posible de estados hidrológicos supuestos, variables de decisión y variables de incertidumbres. En los MPL se introducen una serie de relaciones de restricción, que reflejan la realidad hidrológica, agrológica y económica de la zona en estudio y permiten a su vez tener en cuenta explícitamente ciertas políticas de manejo de recursos de agua y suelos y de incentivación de ciertos tipos de cultivos.

Los criterios de optimización se formulan a través de la maximización de una función objetivo estructurada en términos de beneficios netos anuales generados en el sector agrícola de riego de la cuenca.

Las técnicas de resolución de los modelos corresponden a las usualmente empleadas en Teoría de Decisiones e Investigación Operativa.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El modelo de decisión elaborado permite seleccionar una estrategia óptima de distribución de agua de riego con sus correspondientes asignaciones mensuales, para cada situación de pronóstico hidrológico de escurrimientos de deshielos y bajo cierta información agro-económica. Cada alternativa óptima de distribución

de agua corresponde a su vez a una cierta estructura de distribución y extensión de cultivos, que a su vez puede también optimizarse y formularse con el mismo modelo.

El modelo se aplicó a la zona bajo riego de la cuenca del río Elqui en el Norte Chico de Chile.

Otras aplicaciones y resultados posibles de obtener del modelo desarrollado, se refieren a los siguientes aspectos :

- Cuantificar hasta qué punto el agua y/o suelos son factores limitantes en la producción agrícola, en diferentes sectores de la cuenca y bajo diferentes condiciones agrológicas y agro-económicas.
- Detectar la conveniencia relativa y determinar la superficie a sembrar, de diferentes tipos de cultivos según las disponibilidades de agua y el sector de riego que se considere.
- Criterios de operación en tiempo real de sistemas de regulación con embalses.
- Evaluar y analizar la actitud frente al riesgo de la persona u organismo encargado de tomar las decisiones.

Analizar el valor económico de la información utilizada con el objeto de tomar decisiones con respecto a su recopilación y procesamiento.

El modelo desarrollado se puede estructurar y aplicar con gran flexibilidad para tener en cuenta el nivel de información disponible y las características de la zona en que se aplique.

