

### CI61T/71A – TAREA 6

Fecha de entrega: Martes 6 de Julio

#### Pregunta 1

Un productor agrícola que se especializa en cultivos de estación (verduras y hortalizas) debe decidir un plan de producción para la próxima temporada. En función de la ubicación geográfica de su predio, en la zona central de Chile, los cultivos más apropiados son cebollas, zapallos, pimentones, espárragos y berenjenas. La tabla 1 muestra la cantidad de fertilizante (trifosfato, ton/ha) y agua (l/s/ha) que requieren dichos cultivos, así como las utilidades que se espera obtener por cada hectárea plantada.

Tabla 1. Características sistema producción agrícola

Cultivo	Retorno esperado (U.M./ha)	Fertilizante (ton/ha)	Agua (l/s-ha)
Cebolla	60	0.3	4
Zapallo	40	1.7	2
Pimentón	30	0	2
Espárrago	30	1.4	2
Berenjena	15	0	1

Algunos factores que el productor debe considerar para la próxima temporada son:

- Para poder dejar descansar algunos de sus terrenos, no es posible plantar más de 7 ha.
- El suministro de fertilizante es incierto, y el agricultor estima que se encuentra en el rango de 3 a 7 ton.
- El suministro de agua también es incierto, y se encuentra en el rango de 8 a 16 l/s
- El rendimiento de los cultivos es uniforme e igual a 0.1 Kg./m<sup>2</sup>

Desde el punto de vista de la demanda, el agricultor estima que la máxima demanda para sus productos esta temporada será de 1800 Kg. de cebollas, 300 Kg. de pimentones, 3800 Kg. de pimentones, cebollas y zapallos combinados; asimismo espárragos y berenjenas combinados tuvieron una demanda de 3200 Kg. Incluidas en esta estimación se encuentran pedidos ya recibidos por 500 Kg. de zapallo, 500 Kg. de espárragos y 500 Kg. de berenjenas.

En temporadas anteriores, el agricultor ha compensado la falta de fertilizante, produciendo cebollas, pimentones y berenjenas sin utilizar trifosfato. En estas condiciones, los cultivos disminuyen su calidad, y se corre el riesgo de perder consumidores hasta ahora leales. Este modo de producción se denomina modo "restringido". Adicionalmente, la escasez de agua puede resolverse instalando riego por goteo, en cuyo caso la el consumo de agua de las cebollas disminuye a 2 l/s-ha. Razones operacionales limitan el suministro de agua por goteo a 4 l/s.

Las decisiones que el agricultor debe tomar incluyen:

- a. El plan de producción para la próxima temporada
- b. La conveniencia de seguir produciendo hortalizas en modo restringido, o bien hacer todo lo posible por satisfacer los estándares de calidad de los consumidores

- c. El uso o no de riego por goteo en la producción de cebollas
- d. Una decisión final respecto a solucionar definitivamente o bien el problema de escasez de fertilizante o de agua. El agricultor sólo puede abordar uno de estos temas a la vez, y quisiera saber cuál alternativa tendrá mayor impacto sobre sus ventas.
  
- i) Se le pide plantear (no resolver) el problema de optimización que resulta de las consideraciones anteriores. Indique claramente el significado de cada expresión incluida en su formulación.
- ii) La solución al problema anterior, obtenida mediante un software de optimización, se presenta en las Tablas 2 y 3. Utilice la información que se presenta para contestar las preguntas a, b, c, y d. Comente sus resultados

Tabla 2. Solución óptima modelo de planificación de producción

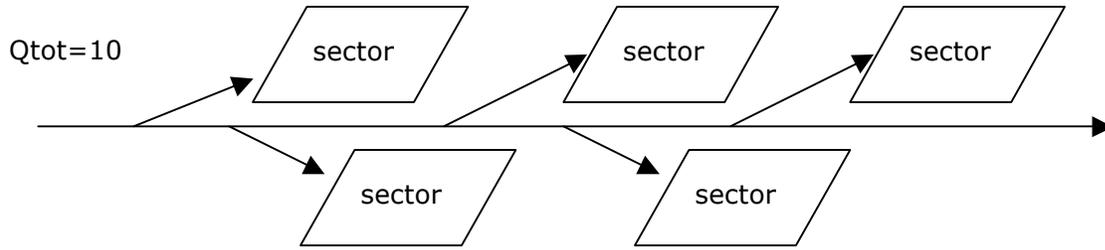
Riego goteo	Modo	Retorno	Cebolla	Zapallo	Pimentón	Espárrago	Berenjena
No	Restr.	145	0	2.5	0	0.5	2
Si	Restr.	248	1.8	2	0	1	2
No	No-rest.	133	0.272	1.304	0.3	0.5	2.7
Si	No-rest.	213	1.8	1.035	0.3	0.5	2.7

Tabla 3. Precios duales y rangos de las restricciones correspondientes a disponibilidad de fertilizante y agua.

Modo	Restringido	No-restringido
Retorno	248	213
Variable dual restricción agua	15	0
Rango factibilidad restricción agua	[-1.5, 0.2]	[-1.62, ∞]
Variable dual fertilizante	0	23.52
Rango factibilidad fertilizante	[-0.2, 0.75]	[-0.91, 1.13]

### Pregunta 2

Se desea encontrar el esquema óptimo de entregas a lo largo de un canal de riego para una temporada. El canal sirve a cinco sectores de riego de acuerdo a la Figura 1 y los beneficios que se espera obtener a partir del volumen de agua entregado a cada sector ( $Q$ ) están dados por la función  $g(Q)$  que se muestra en la Tabla 1. Pronósticos de escorrentía disponibles indican que el volumen total de agua a repartir para la temporada de riego es igual a 10 Hm<sup>3</sup>.



**Figura 1**

Tabla 1

Q	$g_1(Q)$	$g_2(Q)$	$g_3(Q)$	$g_4(Q)$	$g_5(Q)$
0	0	0	0	0	0
1	5	3	0	15	4
2	10	6	0	18	8
3	15	9	0	20	10
4	19	12	2	21	11
5	22	15	10	21	10
6	24	18	20	21	8
7	26	21	35	20	10
8	28	24	41	19	15
9	29	27	45	18	25
10	29	30	46	17	40

Suponga que la utilidad total es igual a la suma de utilidades individuales provenientes de cada sector. Además, suponga que no existen retornos de riesgo desde un sector al canal. Determine la asignación óptima por medio de programación dinámica de tal manera de maximizar la utilidad total. Presente claramente la ecuación de recursividad y defina todas las variables.

**Pregunta 3 (sólo estudiantes de Magíster)**

Leer y, en no mas de tres páginas, escribir un resumen (1 pagina) y crítica (2 páginas) del artículo "Optimization of Large-Scale Hydropower System Operations", de M. Barros y coautores, que se encuentra publicado en u-cursos.