

ESTUDIOS ECONOMICOS

Vol. XVII (N.S.)

jul.-dic. 2000/ene.-jun. 2001

N° 36/37

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UNA PLANTA DE IRRADIACION CON FUENTE DE COBALTO 60 *

Gabriela Cristiano

Introducción

La aplicación de radiaciones ionizantes induce determinados procesos físicos y químicos que son de aplicación en numerosos campos de la ciencia y la tecnología. Entre ellos se encuentra la conservación de alimentos por irradiación con el objetivo de prolongar el período de comercialización y disponer de productos de mayor calidad y salubridad. La aplicación de esta tecnología de punta en preservación de alimentos permite entre otras cosas inhibir el brote de bulbos y

* Este trabajo constituye una versión abreviada de la Tesis de Magister en Economía presentada por la autora en el Departamento de Graduados de la Universidad Nacional del Sur en junio de 2000.

† Una estimación conservadora muestra que aproximadamente el 25 % de la producción mundial de alimentos se pierde en el período postcosecha.

tubérculos (radioinhibición), desinfectar cereales y reducir el número de microorganismos nocivos para la salud humana y/o aquellos que descomponen los alimentos durante el almacenaje.

La preservación de alimentos por irradiación aparece como una interesante alternativa, ya que permite mantener las características nutricionales y organolépticas y asegurar la calidad higiénico-sanitaria de los productos. En algunos casos, en combinación con procesos convencionales, permite lograr distintos objetivos que dependen del nivel de dosis de radiación que se aplique.

El reconocimiento de la inocuidad del tratamiento y la experiencia que el mundo está viviendo respecto a las altas pérdidas post-producción de productos alimenticios¹ permite suponer que en el corto plazo muchos países aprobarán el uso de esta tecnología, lo que facilitará el comercio internacional de productos irradiados. Actualmente 37 países han aprobado el consumo humano de alrededor de 40 productos tratados con energía ionizante (Food Irradiation Newsletter, Mayo de 1990).

La energía ionizante utilizada como proceso físico alternativo a otros métodos de preservación de alimentos podría ser una opción con fuerte impacto para paliar significativamente el problema anteriormente planteado, ya que un porcentaje importante de la producción perdida corresponde a productos perecederos. Su adopción generalizada podría, sin duda, cambiar también las condiciones de los mercados al favorecer una mayor disponibilidad de productos de calidad constante durante su vida útil comercializable. Uno de los aspectos más significativos radica en su potencial para expandir el comercio exterior.

Asimismo, es interesante recordar que los productos alimenticios industrializados demandan para su elaboración conservantes químicos o desinfección pre y/o post procesamiento para eliminar microorganismos patógenos. Sustituirlos por radiaciones ionizantes permitiría disminuir el uso de productos químicos, con el consiguiente beneficio para la salud.

Por lo tanto, entre las tecnologías disponibles, el tratamiento con radiaciones ionizantes presenta ventajas en comparación con los métodos convencionales (refrigeración y empleo de sustancias químicas, entre otros): menor consumo de energía, eliminación o reducción de la aplicación de productos químicos y posibilidad del tratamiento de productos envasados. También es posible utilizar los procesos de irradiación en los siguientes campos: inducción de diversas reacciones químicas de aplicación industrial; modificación de la estructura de polímeros obteniendo materiales de características especiales; radioesterilización de productos biomédicos descartables; tratamiento de residuos industriales; radioesterilización de lodos cloacales y residuos patológicos hospitalario; reducción

de carga microbiana en cosméticos, talcos, detergentes y otros productos de uso doméstico.

Entre los antecedentes internacionales es importante destacar la planta de irradiación de papa en Japón con fuente de Cobalto 60 (^{60}Co); un acelerador de electrones para la esterilización de pollo procesado situado en Francia, otra planta de iguales características localizada en Rusia -destinada esencialmente a la desinsectación de granos-. Además, puede citarse una extensa lista que incluye distintos tipos de alimentos tratados con esta tecnología en diversos países: 1) papas y cebollas en Chile, Israel, Italia, Sudáfrica, España, los Países Bajos, Sudáfrica, Rusia y Canadá; 2) ajo en Sudáfrica e Italia; 3) hongos, pollo, camarón, malta, especias, pescado y sus subproductos, ricota, huevo en polvo, frutilla y espárrago en los Países Bajos; 4) papaya, mangos, frutillas, bananas y pollo en Sudáfrica; 5) frutas secas, granos y comida disecada concentrada en Rusia; 6) papa, trigo, harina, especias, carne de cerdo y vegetales de estación en los EEUU.

En latinoamérica se ha hecho especial incapié en lo referente a inhibición de brote y desinsectación de fruta. Ensayos similares se llevaron a cabo en Europa y países asiáticos (Loaharanu, P, 1990). En nuestro país se encuentran las instalaciones de irradiación con fuentes de ^{60}Co que la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) posee en el Centro Atómico de Ezeiza y la empresa IONICS, que cuenta con una instalación similar en el Gran Buenos Aires.

Dada la ineficacia de otros métodos alternativos de conservación de alimentos y la fuerte tendencia actual por el consumo de productos de mayor calidad higiénico-sanitaria, el objetivo de este trabajo es analizar la prefactibilidad económica de una planta de irradiación con fuente de ^{60}Co . En este caso, Bahía Blanca sería un lugar óptimo para su localización ya que cuenta con infraestructura vial, ferroviaria y portuaria adecuadas que facilitan el transporte de los diversos productos, constituyéndose en un centro regional de distribución.

Para el análisis de prefactibilidad es imprescindible realizar una evaluación de los productos potencialmente factibles de ser tratados con esta tecnología -tanto locales como regionales- y en función de ello determinar el volumen óptimo de producto a irradiar.

Del estudio de mercado surge que el único producto relevante factible de irradiar es la cebolla. A partir de allí se estará en condiciones de estimar la capacidad de la planta (dada por la actividad de la fuente de ^{60}Co), con el objetivo final de estimar el costo de irradiación por tonelada y así poder compararlo con su precio de mercado (que fue empleado para calcular el beneficio económico luego de haber empleado dicha técnica). Queda así planteada la hipótesis de trabajo, que consiste en determinar si es factible o no - en términos económicos - instalar una planta de este tipo.

En el Capítulo I se realiza una breve descripción acerca de los antecedentes locales de la técnica de radioinhibición y sus posibles aplicaciones. También se analiza la legislación vigente a nivel internacional y nacional que avala el empleo de esta tecnología como método alternativo de conservación (entre otras aplicaciones) de alimentos.

En el Capítulo II se presenta el marco teórico que sustenta el modelo empleado para estimar el volumen óptimo a irradiar, considerando que la toma de decisión por parte de los agentes económicos se desarrolla en un contexto de incertidumbre. En este caso se emplea un modelo de programación lineal al que se le incorpora el factor riesgo.

El Capítulo III presenta la estructura productiva local y regional, como así también los potenciales productos factibles de ser irradiados. En función del resultado obtenido en el estudio de mercado, se analiza el ciclo de precios del producto más conveniente de ser tratado con esta tecnología (por las razones que se exponen en dicho capítulo) a través de un análisis estadístico y econométrico.

En el Capítulo IV se cuantifica el beneficio por irradiación por medio de la optimización del volumen a irradiar a través del empleo del modelo Target-MOTAD.

Finalmente, en el Capítulo V, se estima el orden de magnitud de la inversión y de los costos operativos para evaluar si se trata de un emprendimiento rentable para eventuales inversores.

I. Irradiación de alimentos

I.I *Antecedentes locales y aplicaciones*

Los trabajos realizados dentro del programa "Preservación de Alimentos por Irradiación", que se están desarrollando en el Laboratorio de Radioisótopos de la Universidad Nacional del Sur (UNS) desde 1976, han permitido la formación de recursos humanos y la generación de información propia en el tratamiento de productos frutihortícolas de interés regional, tales como ajo y cebolla. Otros temas desarrollados incluyen el tratamiento de frutilla y filet de merluza.

Por medio de un convenio suscripto entre la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) y la UNS, se dispone de las instalaciones de irradiación de la CNEA para la realización de ensayos experimentales. Asimismo se cuenta con la colaboración de la empresa IONICS.

Cabe aclarar que el ^{60}Co es el isótopo radioactivo que más se utiliza como fuente gamma en las plantas comerciales de irradiación. Cuando la Comisión de Energía Atómica de los EEUU inició su programa "Átomos para la Paz" seleccionó al cobalto como fuente gamma para los procesos de irradiación a gran escala debido a sus propiedades físicas y a la factibilidad de su producción. Argentina es uno de los pocos productores mundiales de ^{60}Co a nivel industrial. Posee saldos exportables que aseguran su disponibilidad en el corto y mediano plazo y la misma no es susceptible de verse afectada por la coyuntura política y comercial internacional (Paganini, M., 1991).

La UNS, a través del Laboratorio de Radioisótopos, está elaborando un proyecto cuyo objetivo es evaluar la factibilidad técnica y económica de una planta de irradiación multipropósito provista de fuentes de ^{60}Co .

La instalación podrá alojar hasta 500.000 Ci (Curies) de actividad de ^{60}Co , con sistema de irradiación en seco y depósito de fuente bajo agua. La misma permitirá prestar servicios de irradiación y realizar experiencias a escala piloto con distintos productos de interés comercial.

Además, se considera la posibilidad de que en la instalación se puedan utilizar fuentes de distintas geometrías y sistemas adecuados de transporte a efectos de identificar la mayor eficiencia para el proceso en estudio. La concreción de la instalación proyectada significará contar con una planta de irradiación en el ámbito de la UNS, que permitirá cumplir con las siguientes finalidades:

- a) Ejecutar proyectos de investigación básica y aplicada relacionados con el tratamiento con radiaciones ionizantes de productos de interés económico de la región.
- b) Desarrollar recursos humanos, a través de la enseñanza de pre y posgrado, que permitan el crecimiento de la capacidad científica tecnológica.
- c) Promover estudios interdisciplinarios en el campo de la utilización de las radiaciones ionizantes.
- d) Disponer de los medios necesarios para facilitar la transferencia de la tecnología al sector productivo.
- e) Prestar servicios de irradiación.

Específicamente se han realizado experiencias con bulbos de ajo y cebolla a escala de laboratorio y pre-comercial. Dichas experiencias se llevaron a cabo mediante pruebas de laboratorio durante 8 campañas consecutivas con el fin de determinar el porcentaje de pérdida de bulbos comercializables irradiados y no irradiados y de pérdida de peso de los mismos por deshidratación, durante el período de postcosecha, en almacenaje prolongado en condiciones de galpón acopiador (Curzio y Croci, 1988). En base a los resultados de esas pruebas se

realizó un estudio (Picardi y Curzio, 1988) donde se evidenciaban los beneficios económicos potenciales de la irradiación de ajo y cebolla, tanto a nivel regional como a nivel de los productores y/o acopiadores.

El tratamiento de productos alimenticios con energía ionizante es un método alternativo de preservación que permite disponer de un producto con mayor vida útil: inhibe el brote en bulbos y tubérculos disminuyendo las pérdidas post-cosecha, desinfecta cereales y frutas, pasteuriza carnes rojas y blancas, esteriliza especias, etc. y no deja residuos tóxicos como los productos químicos que alternativamente podrían utilizarse con el mismo fin.

Instalaciones isotópicas de irradiación multipropósito están operando comercialmente y/o en forma experimental en muchos países. Los ensayos realizados en once países asiáticos y en Australia -los cuales arrojaron importantes beneficios económicos- incluyeron: desinfestación y descontaminación de productos alimenticios almacenados, mejoramiento de la higiene y almacenamiento de los productos de mar, desinsectación de frutas e inhibición de brote. Plantas de irradiación multipropósito están operando comercialmente en varios países: Chile, Holanda, Bélgica, Sudáfrica y Hungría, entre otros, dedicadas principalmente a la esterilización de productos médicos descartables y algunos alimentos.

I.II Legislación vigente a nivel internacional y nacional

Entre los estudios realizados sobre conservación de alimentos por irradiación se ha dado prioridad a la comprobación de la inocuidad del mismo para el consumo humano. Desde 1950 los organismos internacionales responsables de la alimentación, la salud y la nutrición, así como los abocados a la aplicación de tecnología nuclear, han realizado importantes estudios demostrando que el tratamiento de alimentos con energía ionizante no genera productos de radiólisis nocivos para el consumo humano (CODEX, 1984).

Con el patrocinio de organismos pertenecientes a los países integrantes de la región MERCOSUR y de organismos internacionales, se ha comenzado a trabajar en la armonización de la legislación vigente en estos países en relación a la irradiación de alimentos. En particular, los países integrantes del MERCOSUR se encuentran avanzando en estos temas, lo cual facilitaría el comercio regional de estos productos.

Nuestro país ha sido pionero en América Latina con respecto a la reglamentación de la utilización de la energía ionizante en la preservación de alimentos. En 1971 el Código Alimentario ya había establecido en su artículo 174 que el uso de esta tecnología se podría autorizar cuando se comprobara

experimentalmente por procedimientos adoptados internacionalmente que el alimento así conservado está exento de peligro para el consumidor.

Desde 1978 se incluyen en el Código Alimentario Nacional las normas a seguir para el tratamiento de alimentos con esta tecnología, y se autoriza la irradiación de papa con fines de inhibición de brote para consumo humano. En 1988 se actualizó esta reglamentación modificándose el Art. 174 del Código con el objetivo de ampliar el número de productos autorizados para el consumo interno.

Un reconocimiento de la tecnología de irradiación en el mejoramiento de la calidad de alimentos elaborados fue obtenido en el país en 1983. En ese año SENASA² aprobó el uso de treinta especias irradiadas destinadas a la elaboración de embutidos. Es de esperar que a corto plazo la totalidad de frutas y vegetales frescos y deshidratados, carnes rojas y blancas puedan ser tratados con radiaciones ionizantes para su comercialización.

En diversos artículos del Código Alimentario Argentino se hace mención a la tecnología de irradiación de alimentos a efectos de su admisión como práctica tecnológica.

En el artículo 159, inc. h) se autoriza la utilización de radiaciones ionizantes como procedimiento de conservación de alimentos.

El Artículo 174 establece que el procesamiento de alimentos con radiaciones ionizantes será autorizado en particular para cada tipo de alimento y que la Autoridad Sanitaria Nacional (ASN) deberá establecer las normas correspondientes. Las materias primas alimenticias y los productos alimenticios que vayan a ser irradiados deben cumplir con las normas del Código Alimentario Argentino, excepto en los parámetros que serán corregidos o modificados por el tipo de tratamiento a realizar.

Las plantas industriales de irradiación que procesen alimentos destinados al consumo humano serán habilitadas por la ASN con la verificación previa de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA).

La CNEA asumirá la supervisión de la seguridad radiológica, tanto en la aprobación del proyecto como en el licenciamiento de la instalación de irradiación industrial. También ejercerá la supervisión de la seguridad radiológica de la instalación, el control de las operaciones relacionadas con los procesos de irradiación, la dosimetría, la documentación requerida y la habilitación del personal involucrado en este proceso, para lo cual implemetará los procedimientos de

² Autoridad nacional en sanidad animal y productos derivados.

inspección y evaluación que considere necesarios y oportunos.

La documentación que ampare el transporte y comercialización de alimentos procesados con energía ionizante (envasados o no) deberá contener la siguiente información: 1) identificación de la instalación en que se hayan irradiado, 2) identificación del lote del producto, 3) la dosis absorbida y 4) la fecha de irradiación. Similares consideraciones deberán tenerse en cuenta en el caso de productos alimenticios importados tratados con energía ionizante.

Las plantas de irradiación que se instalen en el país destinadas a servicios de carácter comercial o promocional deben cumplir las disposiciones vigentes referidas al procesamiento, manipulación, almacenamiento, envase e higiene de los alimentos. Se permitirá el tratamiento de productos diversos en la misma instalación siempre que se cumplan los requisitos que establezcan la ASN y la CNEA. El Anexo I del Artículo 174 del Código Alimentario Argentino establece el Código de Prácticas para el funcionamiento de instalaciones de irradiación de alimentos destinados al consumo humano. El Capítulo XI hace referencia a los alimentos vegetales y hortalizas. Los Artículos 827 bis, 841 bis, 844 bis y 884 bis tratan acerca de la aplicación de la energía ionizante sobre papa, ajo, cebolla y frutilla respectivamente. Dentro del Capítulo XVI (Correctivos y Coadyuvantes) se considera la aplicación de la energía ionizante sobre especias, condimentos vegetales desecados y/o sus mezclas (Artículo 1201 bis) y sobre frutas y vegetales secos, desecados o deshidratados (Artículo 1401 bis).

Para facilitar la introducción de la práctica de los procesos de irradiación, la Universidad Nacional del Sur planificó la realización de pruebas de mercado con bulbos de ajo y cebolla sometidos al proceso de radioinhibición, siendo éstas las primeras realizadas en el país. En cumplimiento de la legislación se solicitó la autorización correspondiente al Ministerio de Salud. Por ello, en 1984 se autorizó la comercialización de estos productos con carácter transitorio a efectos de evaluar la aceptación del público consumidor.

II. Marco teórico

El proceso de elección de las firmas -que consiste en la selección de aquellas producciones que son posibles de realizarse en función de las restricciones físicas, monetarias y tecnológicas- debe abordarse desde la Teoría Económica, estudiando el mecanismo a través del cual los bienes y los servicios consumidos por los individuos son producidos por las firmas. Estas enfrentan un conjunto de actividades productivas, las que son tecnológicamente factibles. Para ello se considera que la firma puede producir L commodities dado un vector de producción

(o plan productivo) del tipo $y = (y_1, \dots, y_L) \in R^L$. El objetivo de la firma consiste en maximizar el beneficio en función de un vector de precios correspondiente a los L bienes, dado por $p = (p_1, \dots, p_L) \gg 0$. Cabe aclarar que estos precios son independientes de los planes de producción de la firma (supuesto de *price-taking*). También se supone que el conjunto de posibilidades de producción Y de la firma satisface tres propiedades correspondientes a los planes de producción: i) Y no es vacío, es decir, la firma se ha propuesto llevar adelante algún plan productivo, ii) Y es cerrado, es decir, el conjunto de planes productivos Y incluye a sus límites, iii) no es posible producir sin contar con los respectivos inputs y iv) es posible no realizar ningún plan productivo, por lo tanto $0 \in Y$ (Mas Colell *et al*, 1995).

II.1 Aspectos teóricos del modelo MOTAD

El modelo MOTAD fue introducido por Hazell (1971) como una alternativa para la obtención de planes eficientes según el criterio de media-variancia (E,V) originado en Markowitz (1952). Este criterio, que ha sido derivado del modelo de utilidad esperada, permite seleccionar planes "eficientes" a partir de la media y la variancia de la distribución de sus retornos.

El criterio de media-variancia, -al cual se lo suele denominar "modelo sustitutivo de media-variancia", ya que su empleo sustituye la aplicación directa del modelo de utilidad esperada-, fue implementado mediante un algoritmo de programación cuadrática que identifica planes eficientes mediante la minimización de la variancia para cada nivel de beneficio esperado. Precisamente, la propuesta de Hazell se originó en las dificultades que presentaba el algoritmo de programación cuadrática, y su objetivo consistió en proponer una aproximación que permitiese su implementación mediante un algoritmo de programación lineal.

Bajo el supuesto que la distribución de los retornos de las actividades es completamente especificada por los datos de la muestra, el primer paso en la presentación del modelo MOTAD consiste en definir a la desviación absoluta (DA) de la siguiente manera:

$$DA = (1/\vartheta) \sum_{h=1}^s \left| \sum_{j=1}^n (c_{hj} - g_j) \cdot x_j \right|$$

donde: c_{hj} son los beneficios de las diferentes actividades, x_j es el nivel de la j-ésima actividad, n es el número de actividades, ϑ es el número de observaciones de la muestra aleatoria de beneficios, g_j es el promedio muestral de los beneficios de la j-ésima actividad.

DA es un estimador insesgado de la desviación absoluta media (DAM) de la población. En este caso, este estadístico reemplazaría a la variancia como indicador de la variabilidad de los retornos. El estimador DA es utilizado para desarrollar planes eficientes (E,A), es decir, aquellos que tienen la mínima desviación absoluta media (esperada) para un nivel de ingreso dado. El criterio E,A fue introducido por Hazell en el modelo de programación lineal, tal como se presenta a continuación:

$$\text{Minimizar } \sigma.DA = \sum (y_h^- + y_h^+)$$

$$\text{sujeto a } \sum (c_{hj} - g_j) \cdot x_j - \beta_h^- + \beta_h^+ = 0$$

$$DA \cdot x \leq b$$

$$\sum g_j \cdot x_j = t$$

$$x_j \geq 0$$

donde: g_j es el beneficio esperado por unidad de medida de la j -ésima actividad, β 's son las desviaciones (positivas $-\beta^+$ y negativas $-\beta^-$) del beneficio esperado de cada actividad, b son las disponibilidades de recursos .

El modelo se resuelve minimizando las desviaciones totales para cada nivel de beneficio esperado (t), que se comporta como una variable paramétrica.

A los efectos de simplificar la construcción de la matriz de programación lineal puede notarse que cuando los g_j pertenecen a una muestra de beneficios, la suma de las desviaciones positivas es necesariamente igual a la suma de las desviaciones negativas. Por lo tanto, una formulación alternativa menos compleja es la que se describe a continuación:

$$\text{Minimizar } \sum \beta_h^-$$

$$\text{sujeto a } \sum (c_j - g_j) \cdot x_j + \sum \beta_h^- \geq 0$$

Las demás restricciones permanecen inalteradas. En este caso, el valor numérico de la función objetivo será $(1/2) \sigma.DA$ (y no $\sigma.DA$).

Por otra parte, es posible presentar al modelo MOTAD donde el ingreso es maximizado sujeto a un nivel máximo de desviaciones (Anderson y otros, 1977). Esta modalidad será la utilizada en el presente trabajo. Empleando una notación vectorial levemente diferente a la anterior, la formulación algebraica es la siguiente:

$$\text{Maximizar } z = c' \cdot X$$

$$\begin{aligned} \text{sujeto a } & A \cdot x \leq b \\ & B \cdot x + I \cdot d - 1 \cdot t \geq 0 \\ & c' \cdot x - t = 0 \\ & r' \cdot d \leq k \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

donde: z es el beneficio esperado, c' es un vector de beneficios unitarios medios, x es un vector de niveles de actividad, A es una matriz de coeficientes insumo-producto, b es un vector de disponibilidad de recursos, B es una matriz de beneficios unitaria diagonal, t es el nivel con respecto al cual se miden las desviaciones (beneficio esperado, $t = c'x$), r es un vector de niveles de probabilidad, k es un tope máximo de desviaciones, $r'd$ son los desvíos ponderados.

La representación matricial de este modelo puede verse en la *Tabla I*:

Tabla I: Representación esquemática del modelo MOTAD

Restricciones	Actividades	Desviaciones	t	RHS*
Función objetivo	$c_1 \dots c_n$			MAX
Restricción 1				
Restricción n	A			$\leq b$
Año 1		1	-1	≥ 0
Año 2	BT			
Año 3				
Año n		1	-1	≥ 0
TRBT	$c_1 \dots c_c$		-1	$= 0$
Maxdesv		0.1.....0.1		$\leq k$

* Right Hand Side

Como se desprende de la observación de la *Tabla I*, el vector r tiene una dimensión de $(nx1)$, y cada una de sus entradas es $1/\theta$, donde θ es la cantidad de observaciones o de años (de 1 a n). El valor de k debe ser interpretado como la mitad de la desviación absoluta media ($DAM = 1/2 A$).

Los valores correspondientes a los beneficios esperados para los períodos en consideración pueden ser generados a través del método de simulación Montecarlo, el cual se basa en la obtención de muestras aleatorias de ciertas poblaciones artificiales.

II.II El modelo Target MOTAD

Como se vio anteriormente, el modelo de media variancia requiere para su validez teórica de dos supuestos alternativos: que la función de utilidad subyacente sea cuadrática o bien que la distribución de los retornos sea normal. Sin embargo, y más allá del grado de aceptación que logren estos supuestos, el criterio de media variancia conduce a asociar riesgo con variabilidad. La fragilidad de esta asociación se muestra en el siguiente ejemplo:

Período	plan A	plan B
1	150	130
2	100	95
3	125	110
4	95	80
5	140	120
6	170	125
MEDIA	130	110
VARIANCIA	708	308

puede apreciarse que ambos planes son eficientes según el criterio de media-variancia, aunque el plan A resulta claramente dominante por sobre el plan B. Este tipo de cuestionamientos condujo al desarrollo de criterios alternativos, donde el riesgo de una alternativa fuese evaluado a partir de los retornos negativos (*downside risk*) en relación a un nivel de ingreso que puede ser fijo o variable.

El modelo Target-MOTAD tiene importantes diferencias con el modelo MOTAD, ya que mientras éste asocia al riesgo con desviaciones alrededor de la media, el otro lo asocia con desvíos por debajo de un nivel fijo.

El modelo Target-MOTAD también puede representarse bajo el formato de programación lineal, y lo que se pretende en este caso es:

$$\begin{aligned} & \text{Maximizar } z = c' \cdot X \\ & \text{sujeto a } A \cdot x \leq b \\ & \quad B \cdot x - 1 \cdot t + I \cdot d \geq 0 \\ & \quad r' \cdot d \leq k \\ & \quad t = g \\ & \quad x, d \geq 0 \end{aligned}$$

Aquí, el significado de cada variable es similar al del modelo MOTAD y g

es un nivel de beneficio (meta) que se desea obtener con cierto grado de seguridad. El modelo Target-MOTAD selecciona una solución óptima (un vector de niveles de cada actividad j) que maximiza el beneficio global sujeto a que las desviaciones ponderadas $r \cdot d$ son inferiores a k , que generalmente es una variable paramétrica. La representación matricial esquemática del modelo Target-MOTAD puede verse en la *Tabla II*. De esta forma queda planteado el problema de la maximización del beneficio teniendo en cuenta las distintas alternativas posibles que enfrenta la firma, incorporando el factor riesgo.

Tabla II: Representación esquemática del modelo Target-MOTAD

Restricciones	Actividades	Desviaciones	t	RHS*
Función objetivo	$c_1 \dots \dots \dots c_n$			MAX
Restricción 1				
Restricción n	A			$\leq b$
Año 1		1	-1	≥ 0
Año 2	BT			
Año 3				
Año n		1	-1	≥ 0
Desvneg.		0.1.....0.1		$\leq k$
Target			1	=g

III. Marco de referencia. Mercado

III.1 Estructura productiva local y regional

El objetivo de este capítulo es presentar un resumen del estudio de mercado realizado con el objeto de determinar los productos locales y de la región que son factibles de ser tratados con energía ionizante. En primer lugar se presenta un diagnóstico de los productos alimenticios locales. Posteriormente se realiza un estudio de los productos a nivel regional. Ambos estudios fueron realizados a partir de encuestas realizadas a productores.

En cada caso se ha puesto especial énfasis en las características del sistema de comercialización-distribución, así como en los problemas que se presentan y para los cuales el tratamiento con energía ionizante ofrecería algún tipo de solución. En todos los casos se trató de tener en cuenta no sólo el efecto positivo de la irradiación (mejoramiento de la calidad del producto sin alteraciones sobre las

características organolépticas, menores porcentajes de pérdidas y mayor período de conservación, entre otros) sino también el incremento en los costos que implicaría el tratamiento con energía ionizante.

III.I.I *Productos locales factibles de ser irradiados*

- HARINA

Las empresas entrevistadas no poseen en general problemas de insectación. La política comercial observada en todas ellas evidencia una rotación del stock tal que les permite minimizar las posibilidades de aparición de insectación. Mantiene la higiene general de las instalaciones utilizando desinfectantes a modo de prevención.

Asimismo se aplican fosfuros tanto en silos como en el producto encarpado con polietileno para su desinsectación. También realizan desinfecciones de las instalaciones de molienda.

- FIDEOS

Las empresas coincidieron en que momentáneamente no tienen problemas importantes de conservación de sus productos.

El tratamiento es similar al empleado en las harinas. No utilizan especias para la elaboración de fideos. Trabajan en base a colorantes y conservantes con características microbiológicas y físico-químicas aceptadas.

- CARNE VACUNA

La carne que se faena en los frigoríficos locales para abastecer a la ciudad tiene un consumo inmediato, es decir, no requiere de tratamientos especiales para su conservación.

La irradiación podría justificarse en el caso de tratarse de envíos de carne deshuesada y envasada al vacío al sur del río Colorado, para garantizar una mejor conservación de la misma.

Los costos del flete para su distribución, los cuales se podrían disminuir debido a que los camiones van con capacidad ociosa, oscilan alrededor de los \$ 0.13 por kilo transportado.

Los frigoríficos bahienses generalmente no envían carne al sur de la barrera sanitaria ya que dicha actividad se realiza mayormente desde la provincia de La Pampa.

Sin embargo, una de las empresas consultadas envía carne al sur del Río Colorado (Trelew, Patagones y Comodoro Rivadavia) y proporcionó la siguiente información en cuanto a volumen mensualmente manejado: 39500 kg. De cuartos pistola (media res deshuesada), 34000 Kg. De cortes de carne deshuesados y 5000 de menudencias y tripas.

Respecto a los embutidos y fiambres las empresas encuestadas no tienen

inconvenientes con la conservación de los mismos ni con las especias empleadas para tal fin, aún no siendo estas últimas esterilizadas.

- POLLOS

El volumen mensualmente manejado por las empresas locales es de aproximadamente 450.000 kg.. En este producto no se evidencia, según el sector productor-comercializador, presencia de Salmonella y, de existir, es un alimento que tiene buena cocción, con lo cual se asegura el consumo sin inconvenientes.

Sin embargo, los especialistas en microbiología y/o bromatología, así como los médicos de la zona, tienen evidencias de que el problema es real y de significativa importancia.

- JUGOS

Operan en Bahía Blanca empresas que diluyen jugos y los envasan sobre bases adquiridas, tratadas con conservantes químicos permitidos.

Reciben el concentrado desde Gualeguaychú con los conservantes permitidos por el Código Alimentario Nacional, los que le otorgan una vida útil de 180 días.

Las dos empresas encuestadas venden mensualmente un volumen de aproximadamente 500.000 litros de jugo sin diluir.

III.I.II *Productos regionales factibles de ser irradiados*

Con la finalidad de incorporar al estudio de mercado productos primarios factibles de ser irradiados se tuvieron en cuenta dos regiones.

Una de ellas es el Valle Bonaerense del Río Colorado, situada a 100 kilómetros de la ciudad de Bahía Blanca (zona CORFO). Comprende en total 700000 hectáreas, de las cuales 530000 conforman la superficie bajo riego, aunque efectivamente regadas son 90000.

Hay en la región aproximadamente 1500 empresas empadronadas en la Corporación de Fomento del Río Colorado³, de las cuales el 70% tiene entre 1 y 205 has. Estas unidades de producción se dedican principalmente a cultivos hortícolas. Entre los más importantes figuran: cebolla, ajo y zapallo, entre otros.

En los últimos 10 años, la cebolla se ha tornado en el principal cultivo de la zona. Por esta razón, este producto es el de mayor peso relativo en el ingreso regional. Según los datos disponibles, en la campaña 1994/95 aportó el 85% del PBI (Lucanera, G.M *et al.*, 1994/95).

El rendimiento promedio por hectárea es de 36 toneladas (1.400 bolsas de 25 kg.) (Lucanera G.M *et al.*, 1995). La variedad cultivada es la Valenciana

³ Organismo estatal administrador del riego y promotor del desarrollo.

sintética 14, que es la de mayor demanda en los mercados internacionales. Presenta un excelente comportamiento en el almacenaje y resistencia de transporte en relación al resto de las variedades trabajadas en el país. Se la emplea para el consumo en fresco y actualmente cerca del 80% de la superficie implantada en el país se cultiva con esta variedad.

Los problemas que enfrentan los productores en general son las pérdidas durante el almacenaje y las resultantes de su falta de estrategia para diseñar un plan de producción en función de las tendencias y perspectivas de los mercados. Ello los lleva a estar sujetos permanentemente a importantes variaciones anuales de precios que potencia la inestabilidad de la oferta y por lo tanto del ingreso regional.

A pesar de la eficiencia productiva se han presentado importantes problemas cíclicos y alternativos de superávit y déficit de oferta.

Otra de las regiones considerada es el Alto Valle del Río Negro y Neuquén -cuyo centro principal se extiende entre las localidades de Cinco Saltos y Chinchinales-. Allí la fruticultura fue la actividad que dio impulso al desarrollo regional e indujo el asentamiento poblacional. La dinámica evolución del sector hizo posible que comenzara a desencadenarse una serie de eslabonamientos hacia adelante en materia de refrigeración, industrialización, empaque y comercialización que dieron prosperidad durante años a toda la zona.

Entre los cultivos de mayor importancia en cuanto a volumen manejado se encuentran la producción de peras y de manzanas, actividades que se orientaron desde el principio hacia el mercado externo y que están íntimamente ligadas a la fase industrial a través de la elaboración de jugos concentrados.

Por tratarse de zonas cercanas a la ciudad de Bahía Blanca, -lugar en que se localizaría la planta- y que producen un volumen considerable de productos que pueden tratarse con la técnica de la radioinhibición, se consideró oportuno incorporar los que se detallan a continuación:

- AJO

Como se observa en el *Cuadro I*, la producción de ajo de la región se ha tornado prácticamente insignificante. La participación de la producción regional en el total nacional fue de 5,97 % en 1985 y pasó a sólo el 0,83 % en 1989. Hacia 1994 estaba en el orden del 0,37 % y en 1997 representó tan solo el 0,24%.

*Cuadro I : Ajo- Producción anual de la región
(en toneladas)*

Camp	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Tn.	2188	1670	849	198	156	335	1276	2546	225	330	767	204	224

Fuente: Banco de datos socioeconómicos de Corfo-Río Colorado. Convenio CORFO-UNS, 1995.

La exportación ha sido en parte la responsable del crecimiento del cultivo de ajo en nuestro país. La irradiación constituiría la alternativa más concreta para su evolución futura, conservando y ampliando los mercados actuales, conquistando nuevos y evaluando la posibilidad de operar en época no tradicional. Ello como resultado de la posibilidad de irradiar el producto con importantes beneficios por disminución de las pérdidas poscosecha (*Cuadro II*) y considerando factible el tratamiento de la producción mendocina (dada la importancia del volumen que se comercializa- *Cuadro III*), la que se podría exportar por el puerto de Ingeniero White o de San Antonio. Por otra parte, cabe considerar la posibilidad de almacenar producto para ser industrializado, razón por la cual la técnica de la radioinhibición se constituiría en un factor clave.

Cuadro II: Remanente de ajo comercializable (en porcentaje)

Días poscosecha	180		210		240		270		300	
Tratamiento	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I	NI	I
Remanente (%)	88.7	90.9	52.2	83.6	17.1	79.6	9.8	72.3	0.9	47.5

I= Irradiado NI= No Irradiado

Fuente: Curzio, O., Crocci, C., Sastre, M. Research contract N° 4453\RI\RB. Progress report. Period: 1986-1988

Su industrialización también aparece como una variante interesante tanto para el consumo interno como para su exportación, aunque se trata de una alternativa productiva no demasiado desarrollada en la actualidad.

*Cuadro III⁴: Ajo- Producción anual y exportación
(en toneladas)*

Campañas	Total Mendoza	Total Nacional	Exportación
1989/1990	30.650	40.350	27.297
1990/1991	49.900	74.000	45.197
1991/1992	70.786	92.350	43.779
1992/1993	51.837	79.530	41.762
1993/1994	71.116	86.871	49.488

Fuente: SAGPyA. Anuario Estadístico 1995.

⁴ La serie no pudo extenderse a periodos más actualizados debido a que no fue posible encontrar dicha información desagregada de la misma forma.

- PAPA

A pesar de ser uno de los productos con excelentes beneficios a captar con la aplicación del tratamiento, no hay producción en la región de influencia del proyecto. Sin embargo, se deberá hacer un estudio del mercado nacional, ya que una de las zonas productoras más importantes -Tandil- se encuentra a unos 350 Km. de nuestra ciudad.

Cuadro IV: Papa - Producción anual de la región
(en toneladas)

Campaña	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
Toneladas	5037	4508	5625	6920	4625	1247	871	3862	2308	417	850	169

Fuente: Banco de datos socioeconómicos de Corfo-Río Colorado. Convenio CORFO-UNS, 1995.

La producción de la zona de CORFO es poco significativa y, además, es fundamentalmente papa semilla.

Cuadro V⁵: Producción de papa
(en toneladas)

Campañas	Total Bs. As.	Total Nacional
1989/1990	1.027.247	1.598.166
1990/1991	989.691	1.749.887
1991/1992	964.162	1.628.520
1992/1993	1.025.723	2.114.971
1993/1994	1.111.155	2.365.863

Fuente: SAGPyA- Anuario Estadístico 1995.

Respecto a la producción de la provincia de Buenos Aires cabe mencionar como principal zona productora al área circundante a Balcarce. Buenos Aires aparece entonces como la región que en estos últimos años ha mantenido más o menos constante su producción, similar a lo producido a nivel nacional. Sin embargo, en las campañas 92/93-93/94, la producción nacional se duplicó en relación a la producción bonaerense, tal como puede apreciarse en el Cuadro V. Esto se debió al gran aumento de producción en la provincia de Córdoba como consecuencia de haber obtenido muy buen precio la papa tipo blanca, la cual habría demostrado ser de excelente calidad.

⁵ La serie no pudo extenderse a períodos más actualizados debido a que no fue posible encontrar dicha información desagregada de la misma forma.

- CEBOLLA

La cebolla es en la actualidad el producto más importante en la región del Valle Inferior del Río Colorado, ya que la misma representa el 66% del Producto Bruto Agropecuario regional.

A pesar de la eficiencia productiva de la zona, se han presentado importantes problemas cíclicos y alternativos de superávit y déficit de oferta. Ello se debe a que la región trabaja casi exclusivamente en el mercado *spot*, sin mayores compromisos contractuales. Esta incertidumbre en la demanda deriva en importantes fluctuaciones de precios al productor, lo que potencia la inestabilidad de la oferta regional. A años de precios bajos suelen seguirles ofertas regionales escasas y viceversa, dado que no se tienen en cuenta las perspectivas o tendencias del mercado. Ello lleva a situaciones tales como las de la campaña 1994/95 en la que el PBI regional cebollero aumentó 115% como resultado del fracaso de la producción brasileña; en tanto, en la campaña siguiente (1995/96), dado que se registró un aumento de la producción de aproximadamente 34%, debieron enfrentarse a precios de venta que en promedio no cubrieron los costos de producción.

Esta particular visión del mercado lleva a graves problemas financieros a los productores de la región, en la cual una parte de los pequeños y medianos productores tradicionales fueron desplazados por productores - especuladores, lo que agrava aún más la situación del mercado cebollero regional. Como resultado de ello la zona no tiene la estabilidad de oferta requerida para acceder y mantener mercados internacionales.

Resulta entonces fundamental encontrar nuevas estrategias de comercialización que permitan estabilizar la oferta regional dentro de un rango razonable. Ello disminuiría fuertemente las características eminentemente volátiles de la región como abastecedor y permitiría el acceso y permanencia en mercados externos. Ese acceso y permanencia en mercados externos posibilitaría trazar horizontes de planificación a mediano y largo plazo.

Esa planificación -a la cual la región no está habituada- debería basarse en la apertura de nuevos mercados.

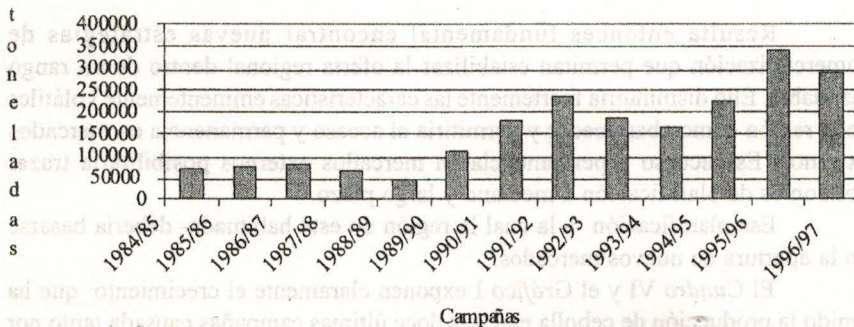
El Cuadro VI y el Gráfico I exponen claramente el crecimiento que ha tenido la producción de cebolla en estas doce últimas campañas causada tanto por el incremento en la superficie cultivada, como por los rendimientos también crecientes - fundamentalmente dados en los últimos años como consecuencia del cambio tecnológico llevado a cabo sobre la superficie cultivable -.

**Cuadro VI: Evolución de la producción de cebolla en el valle inferior del Río Colorado (CORFO)
(en toneladas)**

Campaña	tn/año
1984/85	69.646
1985/86	76.834
1986/87	79.123
1987/88	68.465
1988/89	48.092
1989/90	112.644
1990/91	181.227
1991/92	237.715
1992/93	186.844
1993/94	163.551
1994/95	225.000
1995/96	342.358
1996/97	286.891

Fuente: Banco de datos socioeconómico de Corfo-Río Colorado. Convenio CORFO-UNS, 1995.

**Gráfico I: Producción de cebolla
Período 84-85/96-97**



Fuente: Banco de datos socioeconómico de Corfo-Río Colorado. Convenio CORFO-UNS, 1998.

En el Cuadro VII puede observarse una tendencia creciente en la superficie sembrada. Cabe destacar que el notable incremento dado en la campaña 95/96 fue debido a los altos precios del producto de la campaña precedente (Lucanera *et al*, 1996).

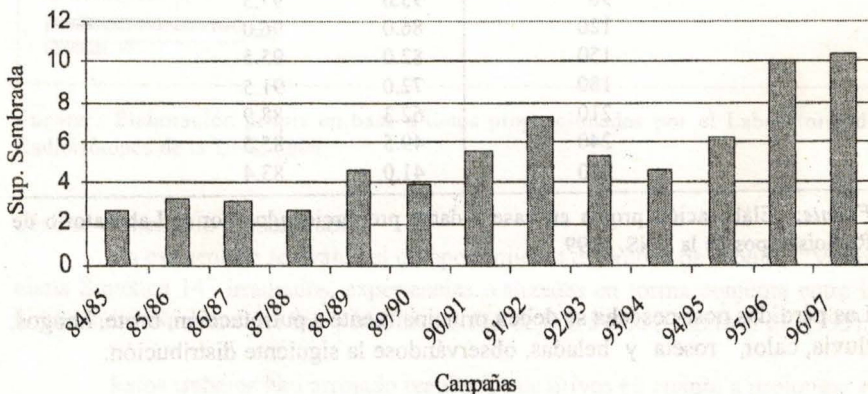
Cuadro VII: Evolución de la superficie sembrada en la Región de Corfo- Río Colorado

Campaña	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Sup.	2663	3251	3153	2627	4544	3854	5602	7345	5327	4649	6246	9968	10477

Fuente: Banco de datos socioeconómico de Corfo-Río Colorado. Convenio CORFO-U.N.S., 1998.

A los efectos de visualizar más claramente el notable aumento en la superficie sembrada se expone el Gráfico II.

Gráfico II: Evolución de la superficie sembrada
Período 84-85/96-97



Fuente: Banco de datos socioeconómico de Corfo -Río Colorado. Convenio CORFO - U.N.S., 1998.

En la región de CORFO - Río Colorado el período de cosecha se inicia en el mes de Febrero, comenzando a visualizarse en forma creciente las pérdidas post-cosecha a partir del mes de Abril. Si bien en la actualidad algunos productores agropecuarios utilizan agroquímicos para conservar la cebolla por un período de tiempo más prolongado en condiciones comercializables, los mismos no están permitidos porque existen riesgos para la salud humana, ya que poseen algún grado de toxicidad residual. Sumado a ello, algunos países importadores no permiten el ingreso de cebolla tratada con este tipo de productos.

En el *Cuadro VII* puede observarse una tendencia creciente en la superficie sembrada. Cabe destacar que el notable incremento dado en la campaña 95/96 fue debido a los altos precios del producto de la campaña precedente (Lucanera *et al*, 1996).

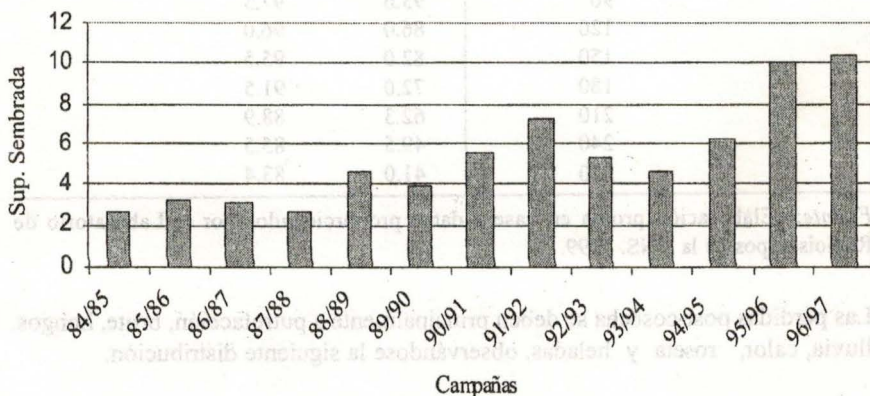
Cuadro VII: Evolución de la superficie sembrada en la Región de Corfo- Río Colorado

Campaña	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97
Sup.	2663	3251	3153	2627	4544	3854	5602	7345	5327	4649	6246	9968	10477

Fuente: Banco de datos socioeconómico de Corfo-Río Colorado. Convenio CORFO-U.N.S., 1998.

A los efectos de visualizar más claramente el notable aumento en la superficie sembrada se expone el *Gráfico II*.

Gráfico II: Evolución de la superficie sembrada
Período 84-85/96-97



Fuente: Banco de datos socioeconómico de Corfo -Río Colorado. Convenio CORFO - U.N.S., 1998.

En la región de CORFO - Río Colorado el período de cosecha se inicia en el mes de Febrero, comenzando a visualizarse en forma creciente las pérdidas post-cosecha a partir del mes de Abril. Si bien en la actualidad algunos productores agropecuarios utilizan agroquímicos para conservar la cebolla por un período de tiempo más prolongado en condiciones comercializables, los mismos no están permitidos porque existen riesgos para la salud humana, ya que poseen algún grado de toxicidad residual. Sumado a ello, algunos países importadores no permiten el ingreso de cebolla tratada con este tipo de productos.

Dado que en principio es este producto regional el que presenta las mayores posibilidades de adoptar dicha tecnología, se decide investigar más profundamente algunos aspectos claves. A continuación se exponen los valores de pérdidas promedio post-cosecha para la zona, relevados a través de encuestas realizadas a campo a todos los cebolleros empadronados en los registros de regantes de la Corporación. Al estudiarse el proceso producción-comercialización de cebolla se determinó el nivel de pérdidas reales durante el almacenaje en galpón acopiador (Cuadro VIII y Gráfico III). Esto, en última instancia, con el fin de estimar el ingreso regional correspondiente a dichos productos. Posteriormente, con esa información se podría evaluar el beneficio de la adopción de la radioinhibición.

Cuadro VIII: Remanente porcentual de producto comercializable

Días post-cosecha	CEBOLLA	
	0 Gy	50 Gy
60	95.0	98.5
90	93.6	97.5
120	86.0	96.0
150	82.0	95.5
180	72.0	91.5
210	62.3	88.9
240	49.5	85.5
270	41.0	83.4

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por el Laboratorio de Radioisótopos de la UNS. 1999.

Las pérdidas post-cosecha se deben principalmente a putrefacción, brote, hongos, lluvia, calor, roseta y heladas, observándose la siguiente distribución:

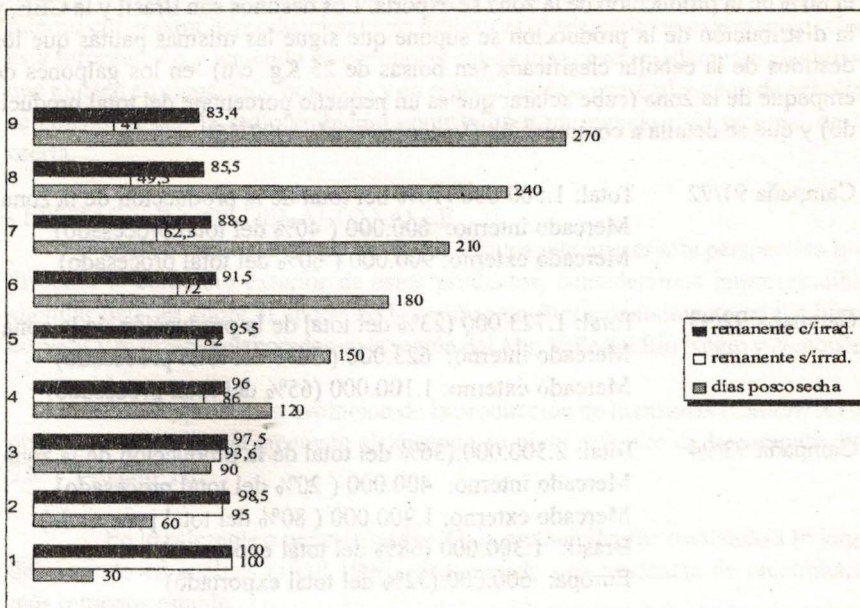
Cuadro IX: Distribución de las causas de pérdidas post-cosecha

Distribución de causas de pérdidas								
CAUSA	Putref.	Brote	Deshid.	Hongos	Lluvia	Calor	Roseta	Heladas
FREC.	4.17	37.5	16.67	20.83	4.17	9.33	4.17	4.17

Fuente: Impacto económico de la irradiación de ajo, cebolla y papa sobre el ingreso regional. Caso CORFO - Río Colorado. Sastre *et al.*, 1988.

Considerando que uno de los nichos de mercado más interesante es el MERCOSUR, y dentro de éste Brasil aparece como el principal importador de cebolla de producción regional, se realizaron estudios técnico-económicos para evaluar los beneficios de la radioinhibición en la comercialización de cebolla con

Gráfico III: Remanente de producto Comercializable Irradiado y no Irradiado (en %)



Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por el Laboratorio de Radioisótopos de la UNS. 1999.

destino al mercado de San Pablo.

En ese sentido se evaluó el comportamiento de bulbos de cebolla "Valenciana Sintética 14" irradiados, experiencias realizadas en forma conjunta entre la Universidad Nacional del Sur y la Universidad de San Pablo (Curzio *et al*, 1995).

Estos trabajos han arrojado resultados positivos en cuanto a prolongar el período de vida útil de bulbos de cebolla de producción regional almacenados en condiciones comerciales en el mercado de San Pablo. Cabe agregar que la legislación brasileña admite el consumo de cebolla irradiada, con lo cual esta tecnología podría ser aplicada, con el consiguiente beneficio socio-económico.

Paralelamente, y en vista a la comercialización de bulbos de ajo y cebolla irradiada en época no tradicional en el marco del MERCOSUR, se están realizando pruebas de envío conjuntamente con el Centro de Energía Nuclear para la Agricultura (CENA), Universidad de San Pablo, Brasil.

De las estadísticas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGPyA) surge claramente que el 78,3% de las exportaciones de cebolla se destinan a Brasil y han ido creciendo durante el período considerado. Según los datos de exportación correspondientes a 1997, se superaron las 183.000 toneladas.

De acuerdo con la estructura actual del mercado regional, se calcula que el 80% de la producción de la zona se exporta. Los destinos son Brasil y la CEE, y la distribución de la producción se supone que sigue las mismas pautas que los destinos de la cebolla clasificada (en bolsas de 25 Kg. c/u) en los galpones de empaque de la zona (cabe aclarar que es un pequeño porcentaje del total producido) y que se detalla a continuación (Lucanera *et al.*, 1992/95):

Campaña 91/92	Total: 1.500.000 (16% del total de la producción de la zona) Mercado interno: 600.000 (40% del total procesado) Mercado externo: 900.000 (60% del total procesado)
Campaña 92/93	Total: 1.723.000 (23% del total de la producción de la zona) Mercado interno: 623.000 (35% del total procesado) Mercado externo: 1.100.000 (65% del total procesado)
Campaña 93/94	Total: 2.300.000 (36% del total de la producción de la zona) Mercado interno: 400.000 (20% del total procesado) Mercado externo: 1.900.000 (80% del total procesado) Brasil: 1.300.000 (68% del total exportado) Europa: 600.000 (32% del total exportado)
Campaña 94/95 ⁶	Total: 3.310.000 (37% del total de la producción de la zona) Mercado interno: 481.000 (15% del total procesado) Mercado externo: 2.829.000 (85% del total procesado) Brasil: 1.890.000 (68% del total exportado) Europa: 939.000 (32% del total exportado)

Podría pensarse entonces que, logrado un buen posicionamiento, la región lograría transformarse en un proveedor excluyente, captando gran parte del mercado total, pudiendo colocar su producción a lo largo del año.

No obstante, se plantea la necesidad de buscar también otros mercados alternativos, debido a que el riesgo que significa atarse a un solo mercado es demasiado alto, incluso pensando en la posibilidad de aprovechar las oportunidades comerciales que suelen aparecer en época no tradicional y que se desconocen. Esto obviamente como consecuencia de que no son mercados reales si no se considera la aplicación de la irradiación.

Por lo tanto, de acuerdo a los datos de los cuadros anteriores, surge

⁶ Las campañas 95/96 y 96/97 no fueron incorporadas debido a que no fue posible encontrar dicha información desagregada de la misma forma.

claramente que el beneficio del empleo de esta tecnología es conveniente para el manejo eficiente de la producción, tanto para aquella que se destina al mercado interno como para la producción cuyo destino es el mercado de exportación. Con esta información y teniendo en cuenta las condiciones extremadamente aleatorias que existen en el mercado hortícola y en especial en la comercialización de cebolla, se considera que la radioh inhibición contribuirá a un manejo más racional de la oferta.

-FRUTAS Y JUGOS DEL ALTO VALLE

Dada la importancia de las frutas y jugos y la interesante perspectiva que presenta el comercio exterior de estos productos, consideramos imprescindible ahondar detalles sobre el aporte de la irradiación fundamentalmente en los jugos de peras y manzanas elaborados en la región del Alto Valle del Río Negro y Neuquén.

Con respecto a la evolución de la producción de manzanas (*Cuadro X*) se observa una tendencia creciente alcanzando su nivel más alto en la campaña 94/95: 1.146.000 Tn.

En lo referente a peras (*Cuadro X*), la producción fue oscilando a lo largo del período en análisis (1988-1996), presentando una tendencia de crecimiento más o menos estable.

Cuadro X: Producción de manzanas y peras en la región del alto valle de Río Negro y Neuquén (en miles de toneladas)

Campañas	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96
Manzanas	924.6	964.2	1050	950	1043	709	1070	1146	1086
Peras	201	227.2	209.7	220	290	263	388	481	520

Fuente: INDEC. Anuario estadístico 1998.

Con respecto al mercado, la manzana es un producto con una demanda con gran velocidad de cambio. Se prevé un aumento del consumo con fuertes exigencias de calidad. En función del mercado externo, las perspectivas productivas para los próximos años son alentadoras. Los países del Este europeo dejarán de producir, ya que al desaparecer los subsidios la actividad deja de ser rentable. Chile y Sudáfrica tienen políticas muy agresivas para la captación de estas porciones de mercado que dejan los países menos eficientes, razón por la cual Argentina deberá hacer un gran esfuerzo para posicionarse, produciendo cantidad y calidad.

Las perspectivas productivas en cuanto a peras son igualmente favorables, ya que se observa una retracción de la producción europea. En función de ello se esperan aumentos en la producción de la región del valle a fin de satisfacer la demanda con expectativas de mejores precios.

En cuanto a la conservación de la fruta es elemental mencionar la etapa de frío. En la región del Alto Valle del Río Negro y Neuquén existen dos sistemas que son los comúnmente más empleados en el proceso de enfriado de la fruta: el sistema de enfriado tradicional y el método de enfriado bajo sistema de atmósfera controlada.

Respecto al primero de ellos cabe destacar que el 95% de los establecimientos cuenta con este tipo de sistema de enfriado. Se emplean cámaras frigoríficas en las que la fruta recién ingresada recibe un golpe de frío (-1°C a -3°C) y luego es conservada a una temperatura que varía entre los 0°C y 3°C. Sólo el 6% de estos establecimientos cuenta con túneles de preenfriado.

El método de enfriado bajo sistema de atmósfera controlada, que es el más moderno, permite la conservación de los frutos hasta 12 meses sin plena maduración y posibilita obtener mejores precios. Sin embargo, la capacidad instalada alcanza para almacenar sólo el 5% del volumen de fruta comercializada. Este sistema mantiene las características de calidad y presentación invariables. El principio básico es la modificación de la atmósfera natural reduciendo el porcentaje de oxígeno y elevando el gas carbónico, lo que permite disminuir aún más que en el sistema tradicional el ritmo respiratorio de la fruta.

En cuanto a la comercialización internacional de estos productos existen dos problemas en los cuales la tecnología de los procesos de irradiación podrían aportar una solución. Existen dos tipos de aplicaciones posibles: 1) en la fase productiva y 2) en la fase de comercialización.

1) Producción

a) Mosca de la fruta: la técnica del macho esterilizado con radiaciones ionizantes ha sido ampliamente comprobada como efectiva para la erradicación de la mosca de la fruta. Actualmente, y desde hace varios años, se está ejecutando un programa exitoso en las provincias de San Juan y Mendoza con la finalidad de eliminar este problema. La aplicación de un programa similar podría significar la declaración de "zona libre de mosca de la fruta" a la región productora del Alto, Medio y Bajo Valle del Río Negro.

b) Eliminación de carpocapsa: este género de orugas que ataca la pulpa de la fruta presenta problemas en los negocios de exportación, ya que su presencia descalifica al producto. En este tema el tratamiento con radiaciones ionizantes muestra resultados positivos, planteando la necesidad de realizar experiencias con frutas de producción regional a efectos de determinar los parámetros del proceso de irradiación.

2) Comercialización

En cuanto a la aplicación de las radiaciones ionizantes con la finalidad

de prolongar la vida útil de frutas, la información que se obtiene de la bibliografía sobre el tratamiento de frutas en diferentes países presenta resultados contradictorios. Realizar estudios sobre la irradiación de las variedades de producción regional permitiría evaluar los probables beneficios de esta tecnología.

A su vez, la industria regional de jugos concentrados de peras y manzanas -que tiene como principal importador a Estados Unidos- está diversificando mercados: un logro que han concretado últimamente es la colocación de jugos concentrados en Japón. La exportación de jugo se realizó vía puerto de Ingeniero White porque el producto es congelado y necesita mantener la cadena de frío desde que sale de planta hasta su destino final; no se realizó por el puerto de San Antonio porque el mismo no tiene cámaras frigoríficas que mantengan temperaturas inferiores a los 20 grados bajo cero.

La conservación de jugos concentrados de pera y manzana se realiza a bajas temperaturas, a efectos de inhibir la formación de bacterias y retardar el fenómeno de amarronamiento. Este tratamiento no desmejora la calidad del producto y el agregado de aditivos puede mejorar los resultados en cuanto a la conservación.

Existe la posibilidad de utilizar la irradiación como método alternativo de conservación. De acuerdo a investigaciones realizadas por la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) pudo comprobarse que las muestras experimentales tratadas a una temperatura de 50°C durante diez minutos antes de ser sometidas al proceso de irradiación -empleando una dosis de 400 Krad- no mostraron desarrollo de flora bacteriana y, consecuentemente, ninguna variación en la concentración de pectinas ni de la viscosidad durante los 150 días bajo análisis. Si bien se ha percibido un leve cambio en la coloración del jugo, el mismo ha permanecido en excelente estado aún después de 150 días post-irradiación.

III.II *Resultado del estudio de mercado*

Del estudio de mercado se desprende que, en función del significativo volumen de producción regional y de los resultados obtenidos a través de la investigación básica en cuanto a la efectividad de la aplicación de la técnica de la radioinhibición, surge claramente que la cebolla es por el momento el producto más representativo y con mayores posibilidades de capturar exitosamente los beneficios derivados del empleo de dicha tecnología. Ello puede hacerse extensivo a las producciones de ajo y papa, ya que ambas también evidencian volúmenes importantes y los efectos que tiene la mencionada técnica muestran beneficios similares a los obtenidos con bulbos de cebolla.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el análisis de prefactibilidad estaría dirigido a una planta de irradiación monopropósito cuya finalidad sería irradiar bulbos y tubérculos con fines de radioinhibición de brote.

El tratamiento de las producciones de ajo (proveniente de Mendoza) y papa (proveniente de Balcarce) también podría hacerse en la planta objeto de este estudio, considerando la posibilidad de ser destinadas a terceros países, ya que tendrían la ventaja de ser exportadas por el puerto de Ingeniero White. Sin embargo, en este trabajo no se tendrán en cuenta.

Por lo tanto, la planta a instalarse podría estar en funcionamiento durante 6 meses al año prestando servicios de radioinhibición (*Cuadro XI*), teniendo en cuenta los ciclos productivos regionales de las hortalizas mencionadas. Por otra parte, desde el punto de vista de la plena utilización de la capacidad de la planta, deberían integrarse otros productos a irradiar.

Cuadro XI: calendario de cosecha e irradiación de ajo, cebolla y papa

PRODUCTOS		MESES											
		NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT
Ajo	Cosecha												
	Irradiación												
Cebolla	Cosecha												
	Irradiación												
Papa	Cosecha												
	Irradiación												

*Es importante destacar que la cebolla debe irradiarse dentro de los 90 días de iniciada la cosecha, y no antes de los 15 días de haber comenzado la misma.

III.II.I Estudio del ciclo de precios de la cebolla

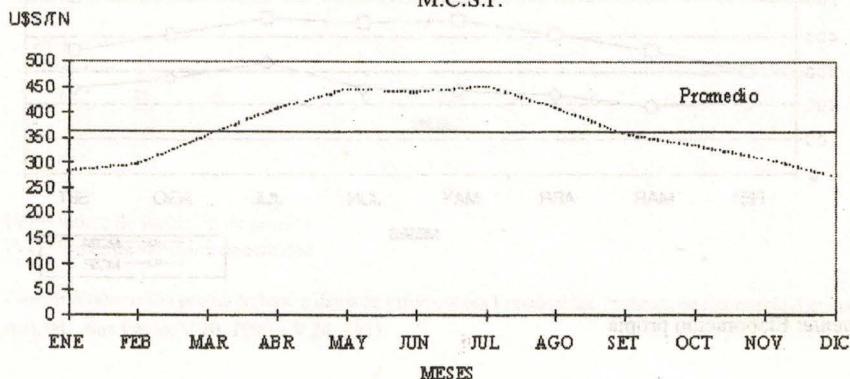
Análisis estadístico

De acuerdo a los estudios realizados respecto del sector productivo y comercial de la zona CORFO y de los efectos que el tratamiento con rayos gamma puede producir en la oferta disponible regional, resulta evidente la necesidad de impulsar el estudio de mercados desconocidos, tal vez ignorados hasta ahora, ya que eran irrelevantes para la región.

Sin embargo, si se tiene en cuenta que uno de los nichos de mercado más interesante es el MERCOSUR, dentro del cual el mercado ya abierto es el de San Pablo (Brasil) se deben evaluar las oportunidades comerciales que se evidencien, razón por la cual se comenzará por analizar el ciclo de precios que la cebolla enfrenta en dicho mercado.

Del análisis de la serie de datos de los precios mensuales de la cebolla registrados en el Mercado Central de San Pablo (M.C.S.P.) durante el período 1980-1994 -medidos en U\$S/Tn.- se desprende que, entre los meses de Abril y Agosto, el precio promedio mensual de la cebolla es superior al precio promedio anual (Gráfico IV). Las diferencias mensuales -positivas- respecto del precio promedio (362 U\$S/ Tn.) son las siguientes: Abril: 44 U\$S/Tn.(12%); Mayo: 81 U\$S/Tn. (22%); Junio: 77 U\$S/Tn.(21%); Julio: 89 U\$S/Tn. (25%) y Agosto, 45 U\$S/Tn. (12%). Cabe destacar que el precio de la cebolla alcanza su máximo valor en el mes de Julio.

Gráfico IV: Precios promedio mensuales en u\$S/tn. (1980/1994)
M.C.S.P.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, cabe recordar que en la región de CORFO - Río Colorado el período de cosecha se inicia en el mes de Febrero y, a partir del mes de Abril comienzan a visualizarse, en forma creciente, las pérdidas post-cosecha .

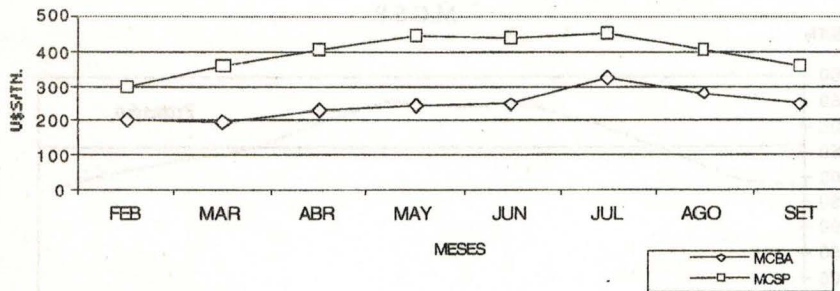
Estos productores deberían implementar estrategias de conservación tales como la irradiación para poder abastecer con cebolla el mercado de San Pablo, principalmente durante los meses de Mayo, Junio y Julio, que es el período en que el precio registra el mayor nivel. Asimismo, dicho tratamiento disminuiría las pérdidas post-cosecha, fundamentalmente si se tiene en cuenta que éstas se acentúan a partir de Junio.

En el Gráfico V a modo de comparación, se exponen los precios promedio mensuales de la cebolla en San Pablo (1980-1994) y los precios promedio mensuales que la misma registrara en el Mercado Central de Buenos Aires, en el

período 1990-1997.

Como puede apreciarse, los precios en el mercado de San Pablo son superiores a los que se registran en el Mercado Central de Buenos Aires durante todo el año. La mayor diferencia se ve reflejada en los meses de Abril, Mayo y Junio; es decir que, en estos meses, el precio de la cebolla es significativamente superior en San Pablo respecto del registrado en Buenos Aires. Las diferencias son las siguientes: Abril: 180 U\$S/Tn. (79.6%) ; Mayo: 203 U\$S/Tn. (84.6%) y Junio, 193 U\$S/Tn. (78.5%).

Gráfico V: Cebolla: comparación de precios promedio MCBA ((90/97) y MCSP (80/94)



Fuente: Elaboración propia

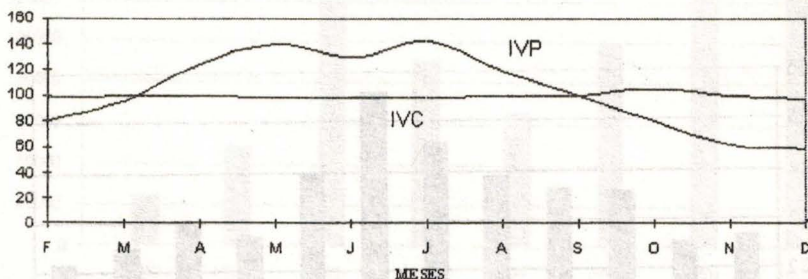
Como se mencionó antes, de acuerdo a los informes correspondientes a publicaciones realizadas en Brasil, puede comprobarse que la evolución de precios anual evidencia para el período Abril -Agosto un ciclo de valores por encima del promedio anual. Además, los datos del Instituto de Economía Agrícola, Informacoes Economicas de San Pablo muestra que en 1991 se comercializó cebolla argentina desde el mes de Abril a Julio; en 1992 de Marzo a Octubre; en 1993 de Abril a Agosto y en 1994 de Marzo a Agosto. Esto evidencia que de optarse por irradiar un volumen óptimo de cebolla de la zona, el potencial aumento en el ingreso regional podría llegar a ser mucho más significativo de lo esperado.

Un estudio realizado por el Departamento de Economía Agrícola e Informaciones Económicas de San Pablo correspondiente a 1993 señalaba que, con referencia al volumen de producto manejado en el período 90/93, la cantidad ofertada de cebolla se mantenía relativamente estable a lo largo del año, con una variación estacional del 11% -diferencia entre el mayor índice (106%) y el menor (95%)-. En cambio, los índices de variación de precios de la cebolla evidenciaban para el período abril-agosto una dispersión en cuanto a amplitud del rango de

valores del 86% (Gráfico VI), observándose un comportamiento similar en los precios promedio mayoristas en dólares 1990-1993 (Gráfico VII).

Gráfico VI: Índice de variación estacional de precios y cantidades de cebolla en el mercado de San Pablo

(Promedio 81/88)



IVP= índice de variación de precios

IVC= índice de variación de cantidad

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Informaciones Económicas- Instituto de Economía Agrícola, mensual, San Pablo, V 20, 1990 a V 24, 1993.

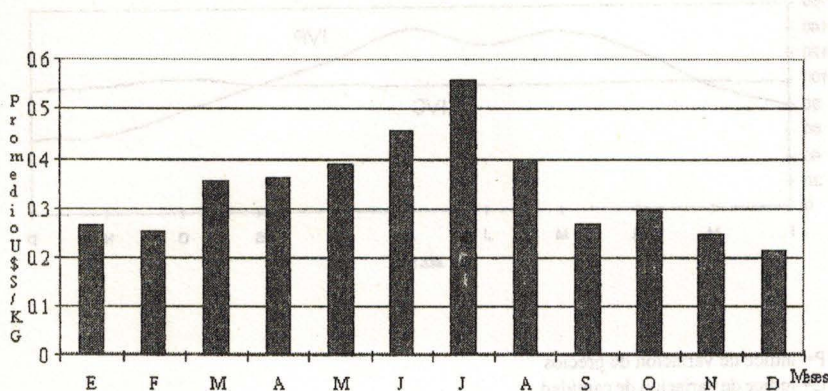
Ello denota una importante posibilidad de mercado. Por supuesto que el realizar estas ventas lleva implícito dos componentes: 1) importantes pérdidas durante el almacenaje y 2) precios promedios en el mercado de San Pablo por arriba del precio histórico de U\$S 0,16 - 0,18 por kg. (4 a 4,5 U\$S la bolsa) en puerta de galpón clasificador, como se puede observar en el Gráfico VII.

Por lo tanto, la irradiación de cebolla podría ser una muy buena alternativa para los productores y/o operadores de la zona. Sumado a ello está la necesidad de buscar otros mercados externos alternativos, pensando en aprovechar demandas insatisfechas en época no tradicional o incluso abordando la posibilidad de industrializar en la región una parte de la producción (se podría disponer de productos de calidad durante prácticamente todo el año y con un bajo porcentaje de pérdidas).

Lo anterior induce a reflexionar que una táctica interesante sería no sobrecargar las colocaciones en San Pablo en el período Marzo - Abril como se hace actualmente y manejar la oferta a lo largo del año. Una estrategia racional

sería que los pequeños y medianos productores de CORFO concentren su producción y se transformen en un agregado que venda su producto con certificación de origen y sobre todo con una marca regional, en lo posible a través de contratos directos con cadenas comerciales en los nichos de mercado que puedan captar.

Gráfico VII: Precios promedio 1990/1993
M.C.S.P.

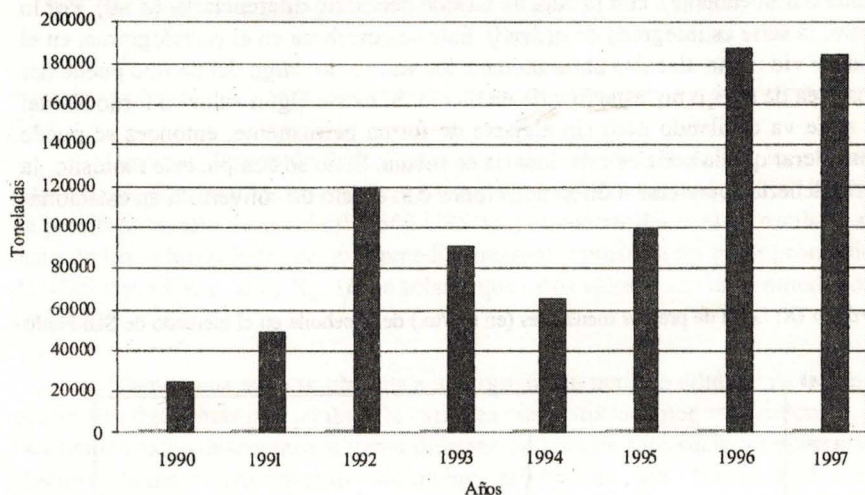


Fuente: Elaboración propia en base a datos de Informaciones Económicas- Instituto de Economía Agrícola, mensual, San Pablo, V 20, 1990 a V 24, 1993.

La producción anual de cebolla de la zona de CORFO está rondando las 280.000 toneladas (campana 96/97) y se exporta ⁷ aproximadamente el 80% del total (68% a Brasil y 32% a Europa). La evolución de las exportaciones nacionales totales de cebolla que se realizaron con destino a Brasil durante el periodo 90/97 se expone en el Gráfico VIII. Dada la importancia de este destino se estudiará el comportamiento de los precios con mayor profundidad.

⁷ De acuerdo al volumen que pasa por galpón de empaque.

Gráfico VIII: Exportaciones de cebolla a Brasil. Período 1990/97



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la SAGPyA.

Análisis econométrico

Estacionariedad en media y varianza

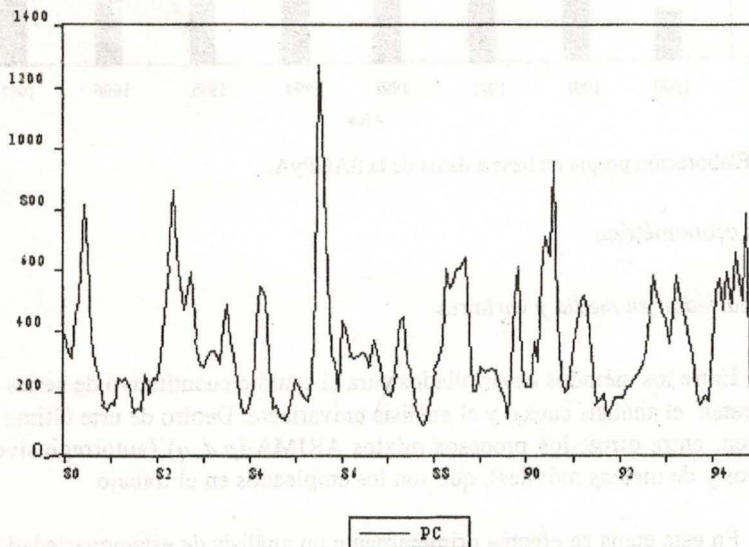
Entre los métodos desarrollados para el estudio cuantitativo de series de tiempo están el análisis causal y el análisis univariante. Dentro de este último se distinguen, entre otros, los procesos mixtos ARIMA (p, d, q) (autorregresivos, integrados y de medias móviles), que son los empleados en el trabajo.

En esta etapa se efectúa primeramente un análisis de estacionariedad de la media de la serie PC (precio de la cebolla en el M.C.S.P, en U\$S/Tn., período 80-94). Se ha supuesto que todos los factores estructurales que han influido sobre la misma -tales como superficie sembrada, cantidad de fertilizante empleado, rendimiento por hectárea- se han mantenido más o menos constante a lo largo del período bajo análisis.

Generalmente, el primer paso en cualquier análisis de series temporales es la visualización del gráfico de la serie. El examen visual de la trayectoria de la serie a lo largo del tiempo puede dar una idea de si es o no estacionaria en media. Si existe algún valor en torno al cual la serie va oscilando pero sin alejarse de forma permanente, entonces se puede considerar que la serie es estacionaria en media. Si no se cumple este requisito, la serie debería someterse a diferenciaciones con objeto de convertirla en estacionaria.

Observando la trayectoria de la serie PC a lo largo del tiempo (Gráfico IX) puede apreciarse que la misma es estacionaria (no presenta tendencia ascendente o descendente), con lo cual no ha sido necesario diferenciarla ($d=0$). Por lo tanto, la serie es integrada de orden 0. Esto se corrobora en el correlograma, en el cual se vio cómo decaían abruptamente los valores. lo largo del tiempo puede dar una idea de si es o no estacionaria en media. Si existe algún valor en torno al cual la serie va oscilando pero sin alejarse de forma permanente, entonces se puede considerar que la serie es estacionaria en media. Si no se cumple este requisito, la serie debería someterse a diferenciaciones con objeto de convertirla en estacionaria.

Gráfico IX: Serie de precios mensuales (en u\$s/tn.) de la cebolla en el mercado de San Pablo



De manera más formal, es posible testear la estacionariedad de la media investigando si la serie tiene raíz unitaria, para lo que se utiliza el test de Dickey-Fuller (DF), también conocido como test t. Si el valor absoluto de t computado excede los valores críticos computados por DF, no rechazamos la hipótesis de que la serie es estacionaria.

Dickey Fuller: Test de raíz unitaria

D-F Test (t)	-4.390259	1% Valor Crítico	-4.0131
		5% Valor Crítico	-3.4363
		10% Valor Crítico	-3.1852

Como se desprende de los datos arrojados por el Test de DF, la serie es estacionaria. Esto implica que existe, a lo largo del período analizado (1980-1994), un precio promedio de la cebolla (362 U\$S/Tn.) alrededor del cual ha oscilado el resto de los valores. Este precio promedio mensual representa un valor promedio de U\$S 9 por bolsa de 25 Kg. (cabe aclarar que estos valores son un promedio de 14 años).

Cuando una serie se observa a lo largo de un período dilatado de tiempo ocurre con frecuencia que también la varianza viene afectada por una tendencia, y esta tendencia no desaparece al tomar diferencias. En este caso suele ser necesario efectuar alguna transformación instantánea del tipo de Box-Cox, para obtener una serie estacionaria en varianza y que al mismo tiempo tenga distribución normal. La transformación de Box -Cox consiste en tomar logaritmos neperianos.

De acuerdo al *Gráfico X*, la serie no es estacionaria en varianza. Para estacionarizarla se tomaron logaritmos neperianos, transformando la serie original PC en LPC (logaritmo de PC). Esta nueva serie transformada puede expresarse a través de la Ecuación 1:

$$(1) \quad Z_t = \ln PC_t$$

Identificación, estimación y verificación del modelo

Hecha las transformaciones necesarias para asegurar que la serie es estacionaria tanto en media como en varianza (componentes referidos a la tendencia), se procedió a quitarle el componente estacional que, de acuerdo al *Gráfico VII* y al correlograma de LPC, se reiteraba cada 12 períodos -en este caso, 12 meses-. Esto está relacionado a los distintos precios que la cebolla alcanza en el año, registrándose los más bajos al comienzo y al final, en tanto que en los meses centrales -por dificultades en la cosecha, que hacen que se importe la cebolla desde Argentina- se registran los valores más elevados. Por tanto, se diferenció a la serie en 12 períodos a los efectos de desestacionalizarla (Ecuación 2):

$$(2) \quad W_t = \ln PC_t - \ln PC_{t-12}$$

En la etapa de identificación se trata de identificar el tipo de proceso generador AR (autorregresivo), MA (media móvil), ARMA (autorregresivo y de media móvil) y el orden de p y q . En la fase de estimación se obtienen valores estimados para los parámetros $\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_q$, del proceso ARMA (p, q).

Las herramientas claves en esta etapa de identificación son: la función de autocorrelación de la serie LPC (desestacionalizada) y su representación gráfica en el correlograma. Luego de haber realizado un proceso iterativo, a través del análisis pudo verse que el valor del precio de la cebolla en cualquier período está íntimamente relacionado con el valor del período anterior inmediato (AR 1).

Esto se explica por los movimientos de oferta y demanda: a medida que la producción se va vendiendo, disminuye la oferta disponible (stock), incrementándose el precio del próximo período.

Así, analizando el residuo, pudo verse que el mismo es un valor promedio de 12 períodos anteriores (MA 12). En todo proceso productivo existen factores - además del precio- que hacen que la producción varíe, tales como las condiciones climáticas, el uso de fertilizantes, la superficie sembrada, entre otros. Esto no está contemplado en este modelo; es decir que, los residuos incorporan todo el error que hubo al no incluir aquellas variables explicativas. En este caso, la aleatoriedad sigue un esquema; es decir, el error no es independiente

Por otra parte, queda claramente demostrada la relación existente entre cada uno de los períodos, lo cual puede expresarse a través de la Ecuación 3:

$$(3) W_t = \phi_1 W_{t-1} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-12} \quad \text{donde } \phi_1 \text{ y } \theta_1 \text{ son los parámetros del proceso ARMA (1, 12) y } \varepsilon \text{ es el error.}$$

Finalmente, a través de un análisis de regresión utilizando el método de mínimos cuadrados, se propuso la siguiente ecuación a estimar:

$$(4) \text{LPC} = C + \text{AR (1)} + \text{MA (12)} \quad \text{donde } C = \text{término independiente}$$

Tabla III

Variable	Coefficiente	Error Est.	T-Estadístico	Probab.
C	0.027313	0.027273	1.001462	0.3181
AR(1)	0.716741	0.056355	12.71830	0.0000
MA(12)	-0.878891	0.021861	-40.20331	0.0000
R-cuadrado	0.803575			

Considerando la *Tabla III*, los signos de AR(1) y MA(12) resultaron ser los esperados. Se verificó que el estadístico T fue significativo en ambos casos y el R^2 parece razonable para explicar el comportamiento del modelo. Dadas las características del mismo, queda por verificar su capacidad predictiva en el corto plazo como herramienta para determinar la evolución futura de los precios. Sin embargo, ello escapa al objetivo de este trabajo.

Como conclusión, cabe destacar que el propósito fue analizar la serie de precios de la cebolla en el mercado de San Pablo a los efectos de determinar su comportamiento y resaltar la importancia que tiene la radioinhibición como técnica de conservación.

El estudio de los precios en San Pablo permitió visualizar que durante los meses de Abril a Agosto se dan los valores más elevados dentro del calendario anual.

Asimismo, pudo observarse que el precio de un determinado momento tiene estrecha relación con el precio del mes anterior.

Esto reviste una significativa importancia ya que durante dicho período (abril-agosto) es deseable contar con producción regional de calidad para poder captar ese diferencial de precio.

Para ello es necesario disponer de un sistema adecuado de conservación tal como la irradiación con fines de inhibición de brote y así poder acceder a un mercado exigente en tiempo y forma adecuados.

IV. Cuantificación del beneficio por irradiación

IV.1 *La matriz de programación lineal en condiciones de certeza. Optimización del volumen a irradiar*

De acuerdo a los numerosos trabajos consultados, el tamaño óptimo de planta es estimado a partir de los datos provenientes de los distintos volúmenes de producciones factibles de ser irradiadas. La información presentada con respecto a la oferta de cebolla permite cuantificar un volumen óptimo a irradiar. En este contexto, las firmas enfrentan diferentes mercados posibles donde pueden vender su producción, y, por otra parte, la misma puede ser comercializada irradiada o no irradiada. Para encontrar el máximo beneficio se diseña un modelo de programación lineal que contempla las distintas alternativas y las diversas restricciones que afectan a las firmas.

Las variables que dominan el entorno son numerosas. Para describir algunas de ellas basta con mencionar: a) los precios en el Mercado Central de

Buenos Aires, b) los precios en el Mercado Central de San Pablo, c) los costos de producción, d) los costos de comercialización (tanto del mercado interno como del externo), e) el rinde por hectárea y f) la superficie sembrada. Si se tuviese en cuenta la totalidad de combinaciones entre ellas (por ejemplo, tomando los valores máximo, promedio y mínimo de cada variable), surgiría un gran número de escenarios posibles. Para reducir el espacio de alternativas se trabajó con los valores promedio de las variables (situación de "certeza").

El problema de la maximización del beneficio se define tomando como unidad productiva a la hectárea (es decir, se considera que toda la producción disponible es el rendimiento proveniente de una hectárea, y la misma se va vendiendo mes a mes de acuerdo a la política de venta actual que posee la zona):

$$\begin{aligned} \text{Max. B/Ha} = & 0.67\text{XIIF} + 10.67\text{XNIF} - 28.93\text{XIBF} - 14.13\text{XNIBF} - 5.77\text{XIIM} + \\ & 0.33\text{XNIIM} + 6.30\text{XIBM} + 20.43\text{XNIBM} + 22.48\text{XIIA} + 29.74\text{XNIIA} + \\ & 39.45\text{XIBA} + 55.94\text{XNIBA} + 33.94\text{XIIMA} + 84.17\text{XNIIMA} + 61.47\text{XIBMA} + \\ & 72.27\text{XNIBMA} + 39.01\text{XIIJ} + 34.42\text{XNIIJ} + 58.21\text{XIBJ} + 63.72\text{XNIBJ} + \\ & 108.49\text{XIIJU} + 96.26\text{XNIIJU} + 60.31\text{XIBJU} + 54.96\text{XNIBJU} + 59.43\text{XIIAG} + \\ & 26.35\text{XNIIAG} + 28.02\text{XIBAG} + 2.25\text{XNIBAG} + 28.86\text{XIIS} - 42.70\text{XNIIS} - \\ & 10.77\text{XIBS} - 76.20\text{XNIBS} \end{aligned}$$

Sujeto a:

$$\begin{aligned} 2) \text{XIIF} + \text{XNIF} + \text{XIBF} + \text{XNIBF} + \text{XIIM} + \text{XNIIM} + \text{XIBM} + \text{XNIBM} + \text{XIIA} \\ + \text{XNIIA} + \text{XIBA} + \text{XNIBA} + \text{XIIMA} + \text{XNIIMA} + \text{XIBMA} + \text{XNIBMA} + \text{XIIJ} \\ + \text{XNIIJ} + \text{XIBJ} + \text{XNIBJ} + \text{XIIJU} + \text{XNIIJU} + \text{XIBJU} + \text{XNIBJU} + \text{XIIAG} + \\ \text{XNIIAG} + \text{XIBAG} + \text{XNIBAG} - \text{XIIS} - \text{XNIIS} - \text{XIBS} - \text{XNIBS} = 32.13 \end{aligned}$$

(Disponibilidad de producción, en toneladas por hectárea)

$$\begin{aligned} 3) \text{XIIF} + \text{XNIIF} + \text{XIIM} + \text{XNIIM} + \text{XIIA} + \text{XNIIA} + \text{XIIMA} + \text{XNIIMA} + \text{XIIJ} \\ + \text{XNIIJ} + \text{XIIJU} + \text{XNIIJU} + \text{XIIAG} + \text{XNIIAG} - \text{XIIS} - \text{XNIIS} = 5.35 \end{aligned}$$

(Disponibilidad de producción, en toneladas por hectárea, destinada al mercado interno)

$$4) \text{XIIF} + \text{XIBF} \leq 32.13 \text{ (Disponibilidad de producción irradiada en Febrero, en Tn./Ha.)}$$

$$5) \text{XNIIF} + \text{XNIBF} \leq 32.13 \text{ (Disponibilidad de producción no irradiada en Febrero, en Tn./Ha.)}$$

$$6) \text{XIIM} + \text{XIBM} \leq 31.18 \text{ (Disponibilidad de producción irradiada en Marzo, en Tn./Ha.)}$$

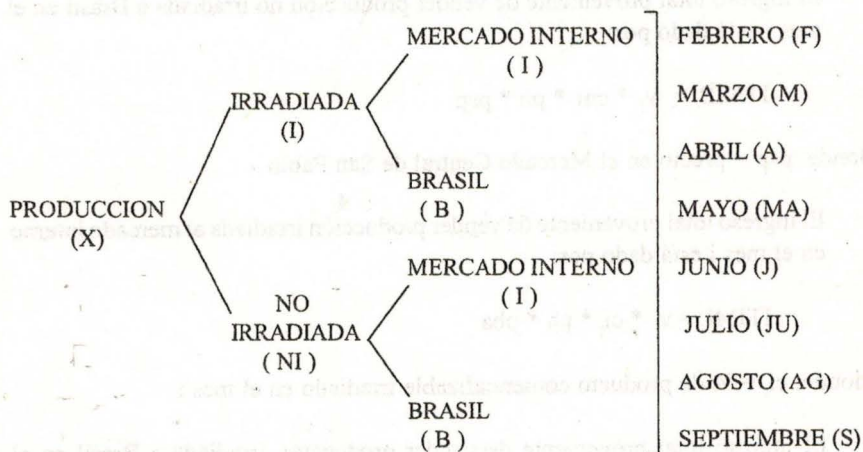
$$7) \text{XNIIM} + \text{XNIBM} \leq 30.07 \text{ (Disponibilidad de producción no irradiada en Marzo, en Tn./Ha.)}$$

$$8) \text{XIIA} + \text{XIBA} \leq 26.72 \text{ (Disponibilidad de producción irradiada en Abril, en Tn./Ha.)}$$

$$9) \text{XNIIA} + \text{XNIBA} \leq 25.65 \text{ (Disponibilidad de producción no irradiada en Abril, en Tn./Ha.)}$$

- 10) XIIMA + XIBMA \leq 19.06 (Disponibilidad de producción irradiada en Mayo, en Tn./Ha.)
- 11) XNIIMA + XNIBMA \leq 10.07 (Disponibilidad de producción no irradiada en Mayo, en Tn./Ha.)
- 12) XIIJ + XIBJ \leq 10.84 (Disponibilidad de producción irradiada en Junio, en Tn./Ha.)
- 13) XNIJ + XNIBJ \leq 9.3 (Disponibilidad de producción no irradiada en Junio, en Tn./Ha.)
- 14) XIIJU + XIBJU \leq 6.93 (Disponibilidad de producción irradiada en Julio, en Tn./Ha.)
- 15) XNIJU + XNIBJU \leq 5.45 (Disponibilidad de producción no irradiada en Julio, en Tn./Ha.)
- 16) XIIAG + XIBAG \leq 3.37 (Disponibilidad de producción irradiada en Agosto, en Tn./Ha.)
- 17) XNIAG + XNIBAG \leq 2.37 (Disponibilidad de producción no irradiada en Agosto, en Tn./Ha.)
- 18) XIIS + XIBS \leq 1.61 (Disponibilidad de producción irradiada en Septiembre, en Tn./Ha.)
- 19) XNIIS + XNIBS \leq 0.93 (Disponibilidad de producción no irradiada en Septiembre, en Tn./Ha.)

La interpretación de las variables que responden a las combinaciones de las distintas alternativas de venta (Irradiada-No Irradiada, Mercado Interno-Brasil, en los distintos meses donde existe producción comercia



Los coeficientes que acompañan a las variables de la función objetivo son los beneficios por tonelada que se originan en los distintos meses de venta, y los mismos están dados en \$/ Tn.

Cabe aclarar que:

- a) Si bien el período de irradiación no debe superar los 90 días de iniciada la cosecha, en el modelo se contemplan las alternativas de irradiación desde Febrero a Septiembre con el único propósito de estimar el volumen óptimo a irradiar, independientemente del momento en que ello se realice.
- b) La producción irradiada puede conservarse en condiciones óptimas de ser comercializada por el término de un año.
- c) Las ventas se realizan al mes siguiente de haber realizado la cosecha.

A continuación se exponen las ecuaciones en base a las cuales se calcularon los distintos ingresos, costos y beneficios:

- El ingreso total proveniente de vender producción no irradiada al mercado interno en el mes i está dado por:

$$ITNIMI_i = v_i * cni_i * ph * pba$$

donde: v_i = % de venta en el mes i, cni_i = % de producto comercializable no irradiado en el mes i,
 ph = producción por hectárea descontada CEE, en toneladas, pba = precio en el Mercado Central de Buenos Aires

- El ingreso total proveniente de vender producción no irradiada a Brasil en el mes i está dado por:

$$ITNIB_i = v_i * cni_i * ph * psp$$

donde: psp = precio en el Mercado Central de San Pablo.

- El ingreso total proveniente de vender producción irradiada al mercado interno en el mes i está dado por:

$$ITIMI_i = v_i * ci_i * ph * pba$$

donde: ci_i = % de producto comercializable irradiado en el mes i.

- El ingreso total proveniente de vender producción irradiada a Brasil en el mes i está dado por:

$$ITIB_i = v_i * ci_i * ph * psp$$

- El costo total de producción que se absorbe en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CP_i = v_i * ph * cp$$

donde: cp = costo de producción, en \$/Tn.

- El costo de comercialización proveniente de comercializar producción no irradiada en el mercado interno que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CCNIMI_i = v_i * cni_i * ph * cc$$

donde: cc = costo de comercialización originado en el mercado interno.

- El costo de comercialización proveniente de comercializar producción irradiada en el mercado interno que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CCIMI_i = v_i * ci_i * ph * cc$$

- El costo de comercialización proveniente de comercializar producción no irradiada en Brasil que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CCNIB_i = ((0.3 * psp + 120) * v_i * cni_i * ph)$$

- El costo de comercialización proveniente de comercializar producción irradiada en Brasil que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CCIB_i = ((0.3 * psp + 120) * v_i * ci_i * ph)$$

- El costo de irradiación proveniente de comercializar producción irradiada en el mercado interno que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CIMI_i = v_i * ph * pi * pba$$

donde: pi = costo de irradiación.

- El costo de irradiación proveniente de comercializar producción irradiada en Brasil que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CIB_i = v_i * ph * pi * psp$$

- El costo total proveniente de producción no irradiada destinada al mercado interno que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CTNIMI_i = CP_i + CCNIMI_i$$

- El costo total proveniente de producción no irradiada destinada a Brasil que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CTNIB_i = CP_i + CCNIB_i$$

- El costo total proveniente de producción irradiada destinada al mercado interno que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CTIMI_i = CP_i + CCIMI_i + CIMI_i$$

- El costo total proveniente de producción irradiada destinada a Brasil que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$CTIB_i = CP_i + CCIB_i + CIB_i$$

- El beneficio total proveniente de producción no irradiada destinada al mercado interno que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$BTNIMI_i = ITNIMI_i - CTNIMI_i$$

- El beneficio total proveniente de producción no irradiada destinada a Brasil que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$BTNIB_i = ITNIB_i - CTNIB_i$$

- El beneficio total proveniente de producción irradiada destinada al mercado interno que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$BTIMI_i = ITIMI_i - CTIMI_i$$

- El beneficio total proveniente de producción irradiada destinada a Brasil que se origina en el mes i de acuerdo a las cantidades vendidas está dado por:

$$BTIB_i = ITIB_i - CTIB_i$$

A los efectos de calcular el beneficio por tonelada, se dividió a cada uno de los beneficios totales mensuales por las toneladas efectivamente vendidas en cada uno de los meses correspondientes.

En cuanto a los remanentes mensuales, los mismos fueron calculados descontando de la producción total (en este caso, la originada en una única hectárea) las ventas correspondientes que se realizan en cada uno de los meses y las pérdidas, dependiendo si se trata de producción irradiada o no.

A continuación se exponen algunas consideraciones que se tuvieron en cuenta al realizarse los cálculos presentados anteriormente:

- El rinde por hectárea corresponde al rinde promedio de las campañas 90/97, el cual fue de 35.73 Tn/Ha. Se tomó dicho período dado que se produjo un importante cambio tecnológico fundamentalmente en lo que respecta a labores culturales sobre el suelo- que dio origen a un notable incremento en los rindes.
- Del total producido por hectárea se dedujo el porcentaje de producción que se envía con destino a la Comunidad Económica Europea. El mismo no se tuvo en cuenta en el análisis ya que no tiene sentido su irradiación, dado que las ventas con destino a la CEE deben realizarse en Abril (posteriormente la CEE cuenta con producción nacional). Teniendo en cuenta los datos de las tres últimas campañas, aproximadamente el 37% de la producción de la zona es enviada a los galpones de empaque: el 85% se envía al mercado externo, y, de ese total, un 32% tiene como destino final la CEE. Por tanto, la cantidad de cebolla enviada a la CEE fue calculada de la siguiente forma (siempre considerando como producción total la que proviene de una única hectárea):

$$X_{CEE} = 35.73 * 0.37 * 0.85 * 0.32 = 3.6 \text{ Tn.}$$

Si a la producción total por hectárea se le deduce la producción que se envía a la CEE, se obtiene la producción que puede tener como destino el mercado interno o brasil, es decir:

$$XT - X_{CEE} = 35.73 - 3.6 = 32.13$$

- El porcentaje de producción que absorbe el mercado interno es del orden del 15% (porcentaje estimado que se toma como referencia del total procesado en los galpones de empaque). Sin embargo, en el futuro este porcentaje podría ser mayor si se tiene en cuenta la posibilidad de contar con un elevado stock de producto irradiado a los efectos de ser industrializado.⁸
- Los precios promedio en el Mercado Central de Buenos Aires fueron tomados considerando las campañas 90/94. No se tuvieron en cuenta los períodos anteriores a los efectos de eliminar las distorsiones ocasionadas por los períodos inflacionarios. Los períodos posteriores tampoco se consideraron para que la serie fuera compatible con la de los precios registrados en el MCSP (la cual se extendió hasta 1994).
- Los precios promedio en el Mercado Central de San Pablo fueron tomados considerando las campañas 80/94. No se pudo extender la serie a períodos posteriores debido a la no disponibilidad de datos.
- No se consideró un precio de venta diferencial para la cebolla irradiada (por carecerse de datos), sino que se tomaron como referencia los precios de los respectivos mercados centrales del producto sin irradiar. Sin embargo, es válido aclarar que el mercado brasileño está dispuesto a pagar hasta un 30% más por cebolla de calidad.
- Los datos correspondientes a los costos de producción y de comercialización (tanto del mercado interno como del mercado externo) fueron estimados en base a la información suministrada por productores cebolleros de la zona. El costo de producción es de 101.33 \$/Tn., el que últimamente se vio incrementado por las curas realizadas a los suelos. El costo promedio de comercialización (en el caso del mercado interno), es de 88\$/Tn. El mismo incluye los costos que se originan en el galpón de empaque más el costo del flete (desde puerta de chacra a galpón de empaque). Los costos de comercialización del mercado externo fueron calculados como el 30% del precio de venta del producto en el MCSP más 3 U\$/bolsa ⁹. Este costo resulta muy elevado porque contempla varios intermediarios en la cadena de comercialización.
- El costo de irradiación, de acuerdo a la información suministrada por la Comisión Nacional de Energía Atómica, se estima como el 5% del precio de venta del producto.
- No se consideró el costo de almacenamiento de la cebolla irradiada, como así tampoco el costo de oportunidad del galpón de empaque.
- Es oportuno mencionar que este trabajo se realizó bajo el supuesto de que se mantienen las reglas institucionales respecto al Mercosur.

⁸ Por ejemplo, bajo la forma de deshidratados.

⁹ Esto es igual a 120 U\$/Tn., ya que 1 tonelada equivale a 400 bolsas de 25 Kg. cada una; por lo tanto, $400 \times 0.3 = 120$.

La evaluación de un proyecto está íntimamente relacionada al momento en que el mismo se realiza, y sus resultados son válidos en el tiempo en tanto y en cuanto las variables especificadas no revistan cambios significativos.

Los resultados arrojados por el modelo de programación lineal son los que se detallan a continuación:

Beneficio por hectárea: \$ 2356

Los valores de las variables arrojados por el modelo son los siguientes:

VARIABLES	VALORES
XIBMA	7.41
XIIJU	5.35
TOTAL	12.76
XNIBMA	10.07
XNIBJ	9.3
TOTAL	19.37

El total de producción a irradiar es de 12.76 toneladas, lo cual representa el 39.71% de la producción por hectárea. Es decir, aproximadamente el 40% de la producción podría irradiarse, considerando los actuales porcentajes de ventas mensuales. Este valor podría elevarse si se considerasen otras alternativas de ventas, dado que, de implementarse la técnica de la radioinhibición, podría almacenarse producto en óptimas condiciones de ser comercializado y venderse en los meses donde se registran los mayores precios. Sin embargo, no hay que dejar de tener en cuenta que, si todos los productores adoptaran dicha tecnología, el exceso de oferta podría deprimir estos precios (aunque aquí no se está teniendo en cuenta la posibilidad de vender el producto irradiado como un “bien diferenciado” a fin de lograr un precio superior al actual. Por lo tanto, si el exceso de oferta deprimiese el precio diferenciado, podría darse la situación en que su beneficio no difiera sustancialmente del que obtiene actualmente: 2356 \$/Ha.).

El promedio de la superficie sembrada en CORFO correspondiente a las campañas 90/97 es aproximadamente 7100 hectáreas. Cabe aclarar que se tomó dicho período teniendo en cuenta el importante cambio respecto al período anterior que evidenció la superficie implantada. Ello se debió a la entrada en vigencia del Mercosur. A su vez, dicho período está en concordancia con el que se tuvo en cuenta al calcular el rinde promedio por hectárea.

Por lo tanto, el volumen óptimo a irradiar (VOI) –considerando en este caso a toda la zona de CORFO- es:

VOI = rinde promedio por hectárea * total hectáreas* 0.4 = 101473 toneladas

IV.II *La incorporación del riesgo en programación lineal. Optimización del volumen a irradiar*

A los efectos de ver cómo se modifican los resultados obtenidos anteriormente cuando al modelo se le incorpora el riesgo se utiliza el modelo Target-Motad. Este, tal como se expusiera en el Capítulo II, minimiza las desviaciones de beneficios negativos, permitiendo establecer un beneficio meta.

Dada la importancia de la magnitud en los cambios que ocurren en los precios (tanto en el MCBA como en el MCSP), se decidió trabajar con los valores más altos, promedio y más bajos de precios correspondientes a los períodos considerados y en base a ello calcular los beneficios. Así, se obtuvieron los distintos valores de beneficios en cada uno de los meses para cada una de las actividades en función de los precios máximo, promedio y mínimo. Cabe aclarar que el resto de los valores correspondientes a los componentes de la función beneficio (porcentaje de ventas, costos, rinde por hectárea) son los mismos que en el modelo con certeza.

Una vez generada la muestra de números aleatorios comprendidos en el intervalo (0,1), cada uno de ellos fue transformado en un valor de la variable "beneficio" mediante la utilización apropiada de la inversa de la función de probabilidad acumulada. A continuación se generó una muestra artificial (en este caso, diez años) de la variable beneficio (B) para cada una de las actividades, bajo el supuesto de que éstos se distribuyen según una distribución triangular.

Dado que la función de probabilidad acumulada $F(B)$ se puede igualar a la variable aleatoria U y obtener el beneficio mediante la inversa de B , ($F^{-1}(B)$), se tiene:

$$B = a + (U (b - a) (m - a))^{0.5} \quad \text{para } 0 \leq U \leq (m-a) / (b-a)$$

$$B = b - ((1 - U) (b - a) (b - m))^{0.5} \quad \text{para } (m-a) / (b-a) \leq U \leq 1$$

donde: a = beneficio mínimo, m = beneficio promedio, b = beneficio máximo.

A los efectos de calcular los distintos beneficios en la planilla de cálculo, se introdujeron las fórmulas mencionadas anteriormente con la correspondiente regla de decisión:

$$= IF (U_i \leq (m-a) / (b-a), a + (U (b - a) (m - a))^{0.5}, b - ((1 - U) (b - a) (b - m))^{0.5})$$

Posteriormente se construyó la matriz de programación lineal incorporando los beneficios simulados. Los retornos de la función objetivo correspondientes a las distintas actividades fueron calculados en base al promedio de los beneficios simulados a lo largo del período (diez años). A partir de allí se fijó un beneficio meta coincidente con el beneficio que se obtuvo en condiciones de "certeza" (es decir, cuando se trabajó con los valores promedio).

Los resultados arrojados por el modelo de programación lineal con el riesgo incorporado son los que se detallan a continuación:

Beneficio por hectárea: \$ 3522.26

Los valores de las variables arrojados por el modelo son los siguientes:

VARIABLES	VALORES
XIBJ	1.73
XIBJU	6.93
XIBAG	3.37
TOTAL	12.03
XNIIMA	5.35
XNIBJ	9.3
XNIBJU	5.45
TOTAL	20.01

Como puede apreciarse, el total de producción a irradiar es de 12.03 toneladas por hectárea, lo cual representa el 37% de la producción. Planteado en estos términos, el volumen total a irradiar de la zona de CORFO es 93856 toneladas anuales. Cabe aclarar que para calcular la inversión necesaria y los costos operativos se trabajará con este valor.

El desvío total máximo es de \$ 861.71, con una probabilidad de ocurrencia del 10%. Ello implica que el productor, una vez cada 10 años, puede llegar a obtener un beneficio de \$ 2660.29 ($3522.26 - 861.71$).

V. Análisis de inversión y costos en plantas con fuente de ⁶⁰CO

Del estudio del mercado tanto local como regional surge que es necesario profundizar el trabajo en investigación y desarrollo de los beneficios de la radioinhibición en productos característicos de la región con el objeto de lograr un

panorama más concreto sobre el mercado potencial para la planta. Sólo en el caso del tratamiento de cebolla y ajo se pudo establecer estimaciones más precisas respecto a la eficiencia de la técnica. Por esto, el proyecto contempla la construcción de una planta de irradiación monopropósito a nivel semi-comercial, diseñado en base a una estructura estándar y de bajo costo.

De acuerdo al estudio del mercado cebollero, se estimará un orden de magnitud de inversión y costos operativos en base al volumen óptimo a irradiar (considerando la situación con riesgo) con el objetivo de calcular el costo por unidad de producto a tratar y así poder evaluar la viabilidad del proyecto.

Se trabajará en base a estimaciones realizadas por investigadores expertos y publicadas en bibliografía abierta, dado que existe en la literatura distintas propuestas para estimar los costos de inversión y funcionamiento de instalaciones de irradiación con fuente de ^{60}Co , todas ellas con el objetivo de evaluar la factibilidad del proyecto y poder disponer de información necesaria para calcular el costo del tratamiento por unidad de producto.

El conocimiento de este costo permitiría evaluar la incidencia del procesamiento con radiaciones ionizantes en el precio final del producto. El costo de irradiación es influenciado por el grado de utilización de la planta, su eficiencia y características de diseño.

Asimismo, influyen otros factores relativos al producto, tales como: densidad, dosis total y relación de dosis requerida en el proceso.

De la bibliografía consultada se pueden extraer distintas metodologías y criterios de estimación de costos de inversión y operativos para instalaciones con fuente de ^{60}Co realizadas por diferentes autores. Los valores han sido ajustados por el Índice de Precios Mayoristas de EEUU (1997).

La literatura ofrece ejemplos para distintos diseños y tamaños de plantas de irradiación. Kukacka y Manowitz (1965) desarrollaron una ecuación mediante la cual se puede estimar el costo de inversión, excluido el costo de fuente, de una planta de irradiación en función de la actividad total de la fuente. El algoritmo propuesto surge de considerar los costos de inversión de distintas plantas funcionando o en construcción en ese momento. Por aplicación de este criterio se obtendría, para una instalación dotada de 80kCi de cobalto una inversión de US\$ 322.000 y un costo de fuente, -considerando a US\$ 1,00 por Ci de cobalto, de US\$ 80.000-. Es decir, la inversión total ascendería a US\$ 402.200. Brynjolfsson (1973) estima los costos de inversión en fuente, edificios, transporte, servicios y equipamiento para una planta de irradiación en función del tamaño de la fuente de cobalto. Aplicando este criterio y considerando un costo de US\$ 1,00/Ci, para

una planta dotada de 80kCi de Co-60, se llega a un costo de inversión de US\$ 215.000. Aplicando el criterio sugerido por este autor para el cálculo de costos operativos anuales, para una planta de 80kCi y 6000 horas por año de operación, se alcanza la cifra de US\$ 41.000 por año. Lapidot (1993) calcula los costos de inversión y operativos para dos tipos de plantas: 80kCi y 200 kCi. De esta estimación surge que el aumento de costos no es proporcional al aumento de la capacidad instalada. Solamente en el caso del costo del cobalto la variación es casi directa. Para el caso de una planta de 80kCi que opera 6000 horas/año, el autor estima una inversión de US\$ 730.000 (US\$ 650.000 en edificaciones y US\$ 80.000 en fuente, considerando US\$ 1,00 por Ci) y un costo operativo anual de US\$ 180.000 por año.

La mayor proporción de inversión de capital de una planta gamma corresponde a: a) fuente, b) recinto de irradiación, c) pileta para guardar la fuente y d) sistema de transporte.

Los mayores costos que implican diseños de mayor capacidad de planta (excluida la fuente) resultan, según Deitch (1982) del espesor de las paredes del recinto de irradiación. Este último debe engrosarse de 10 a 15 cm. para pasar de una fuente de 3MCi a 18MCi, lo cual implica un costo mínimo en relación a los costos totales del edificio y equipos y en relación a la capacidad de tratamiento de la planta. Esto pone en evidencia la existencia de economías de escala que se observan claramente al comparar el aumento en los costos de inversión respecto al aumento de la capacidad de planta (Morrison, R.M., 1989).

El propósito de estudiar las economías de escala es determinar a partir de qué tamaño éstas comienzan a poner de manifiesto los beneficios. En función de las estimaciones de Morrison, deberían considerarse plantas con una capacidad superior a las 23000 toneladas anuales.

Aquellas firmas que no pueden asegurarse un volumen mínimo de demanda, deberán asociarse con algún productor estacional o con una empresa que requiera un flujo continuo de producto tratado con energía ionizante, de forma tal de maximizar la utilización de la planta. Esto también es un determinante del costo del tratamiento. El volumen de producto a irradiar, relacionado a la utilización de horas-año de una planta, es la variable más importante a considerar en la formulación y evaluación del proyecto.

Los factores más importantes para determinar el costo específico del tratamiento están relacionados a:

- 1) El producto y el proceso de irradiación:
 - * Densidad aparente del producto a irradiar
 - * Dosis total

- * Relación de dosis máxima-mínima
- * Uniformidad de dosis
- * Tiempo máximo de exposición
- * Almacenamiento pre y post-irradiación

2) Las instalaciones:

- * Diseño y construcción
- * Fuente de Co-60
- * Actividad total y específica
- * Sistema de almacenamiento, carga y descarga
- * Tamaño y forma del envase del producto
- * Factor de utilización de la planta
- * Producción anual
- * Sistema de transporte del producto para exponerlo ante la fuente
- * Eficiencia del proceso de irradiación
- * Automatismo, ventilación recinto de irradiación, tratamiento de agua y servicios generales
- * Seguridad y protección radiológica. Sistemas redundantes e independientes
- * Laboratorios de control de proceso y calidad y de desarrollo
- * Oficinas

3) Los costos operativos fijos:

- * Costos de inversión: la planta, áreas de servicio y la fuente isotópica.
- * Costos de operación: a) recarga y mantenimiento de la fuente, b) personal profesional y técnico, c) gastos de investigación y desarrollo, y d) gastos generales.

4) Los costos operativos variables:

- * Gastos de abastecimiento: papelería, mantenimiento de depósitos y oficinas, gastos generales, servicios de dosimetría, gastos administrativos, otros.
- * Servicios: gas, electricidad, agua, combustible, seguros.
- * Gastos de mantenimiento.

VI Estimación del tamaño de planta de irradiación

El objetivo es estimar, en primera instancia, el tamaño de una planta que deberá irradiar el 37% de la producción anual de cebolla de la región de CORFO-Río Colorado.

El volumen a irradiar es de 93856 toneladas por año. Como se trata de producción estacional, el tratamiento requiere aproximadamente 3 meses de utilización continua de la planta, lo cual implica irradiar unas 31285 toneladas por mes.

El cálculo de la potencia de la fuente se realiza a partir de la formulación propuesta por Deitch:

$$X = 360 * \frac{W * n}{D}$$

donde:

$$W = \frac{1}{360} * \frac{X \cdot D}{n} \quad (\text{en kW})$$

X es la cantidad de producto irradiado por hora, medido en kilogramos, D es la dosis (medida en Mrad), W es la cantidad de kilowats de radiación (1Kw de ^{60}Co = 67480 Ci), n es la eficiencia del proceso de irradiación.

V.II. Tamaño óptimo trabajando en tres turnos diarios

Considerando que la planta puede operar en tres turnos rotativos de 8 horas cada uno, se tiene que: 25 días/mes * 24 horas/días = 600 horas/mes

Por tanto, el volumen a tratar por hora es:

$$X = 31285 \text{ Tn./mes} / 600 \text{ horas/mes} = 52.14 \text{ tn./hora} \quad (52140 \text{ kilos por hora})$$

La dosis requerida para el tratamiento es de 50 Gy (o, lo que es equivalente, 0,0050 Mrad).

De acuerdo a la bibliografía consultada, se adopta $n = 20\%$ (factor de eficiencia).

Por lo tanto, la cantidad de kW de radiación es:

$$W = \frac{1}{360} * \frac{X \cdot D}{n} \quad (\text{en kW})$$

$$W = \frac{1}{360} * \frac{52.14 * 10^3 \text{ kg./hora} * 5 * 10^{-3}}{20 * 10^{-2}} = 3,62 \text{ kW}$$

Dado que por cada 67480 curies (Ci) de ^{60}Co se obtiene 1 kW de radiación gamma, la actividad de la fuente debe ser de:

$$A = 67480 \text{ Ci/kW} * 3,91 \text{ kW} = 244333 \text{ Ci}$$

Por tanto, se tiene una actividad de fuente de 244333 Ci. Es decir, con un $W = 3.62 \text{ kW}$, una dosis de 50 Gy y una eficiencia del 20% es posible tratar un volumen mensual de 52.14 tn./hora .

V.I.II *Tamaño óptimo trabajando en dos turnos diarios*

A los efectos de estimar la variación en la cantidad de Ci, ahora se considera que la planta puede operar en 2 turnos diarios. Siguiendo el esquema de análisis anterior se estima la cantidad de producto a irradiar por hora. Por tanto, se tiene que:

$$25 \text{ días/mes} * 16 \text{ horas/días} = 400 \text{ horas/mes}$$

Entonces, el volumen a irradiar por hora es:

$$X = 31285 \text{ Tn./mes} / 400 \text{ horas/mes} = 78.21 \text{ tn./hora} \text{ (78210 kilos por hora)}$$

Ahora, la nueva cantidad de kilowats de radiación es:

$$W = \frac{1}{360} * \frac{78.21 * 10^3 \text{ kg./hora} * 5 * 10^{-3}}{20 * 10^{-2}} = 5.43 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la actividad de la fuente es:

$$A = 67480 \text{ Ci/kW} * 5.87 \text{ kW} = 366416 \text{ Ci}$$

El resultado obtenido representa un incremento de 122083 Ci adicionales (49.96%) en relación a la cantidad de Ci empleados en el caso anterior. Sin embargo, se tendrá en cuenta el valor correspondiente a la actividad de fuente que surge de la estimación del tamaño de planta óptima trabajando en dos turnos para efectuar los respectivos cálculos de inversión y costos. Esto se debe a que es necesario contar con una capacidad de reserva instalada en la planta a los efectos de contemplar posibles aumentos en la cantidad de producto a irradiar. De la otra manera, trabajando tres turnos diarios, no es posible ampliar a más turnos para atender una mayor demanda.

V.II *Análisis de prefactibilidad económica*

Dada la disparidad de resultados entre los citados autores en cuanto a inversión en plantas de este tipo, se consideró oportuno estimar tanto el monto correspondiente a la inversión inicial como a los costos operativos en base a estudios recientes realizados en el país (Paganini, M., 1991). Los valores referidos a la planta que se está estimando en el presente trabajo serán calculados teniendo cuenta la regla de los seis décimos, empleando los valores de referencia previamente calculados para una planta de irradiación monopropósito con una actividad de fuente de 30089 Ci.¹⁰

Los rubros fundamentales a tener en cuenta son básicamente dos: el costo de la inversión inicial y los costos operativos anuales. A continuación se expone el detalle desagregado de los componentes de cada uno de ellos:

IDENTIFICACION DE LOS FLUJOS	DESCRIPCION
	DISEÑO TECNICO
	IRRADIACION Y PRE-ALMACENAMIENTO
	- Fuente de ⁶⁰ Co
	- Costos de instalación
	- Costos de transporte
	- Sistema de transporte
	- Recinto de irradiación
	- Sistema de almacenamiento de la fuente
	- Sistema de ventilación
	- Sistemas auxiliares (seguridad)
	- Laboratorios, sala de control, oficinas, servicios
COSTO DE LA INVERSION INICIAL	
	ALMACENAMIENTO
	- Galpones
	- Elevadores hidráulicos
	INVERSIONES COMPLEMENTARIAS
	- Equipo de laboratorio
	- Equipo de oficina
	- Terreno
	- Balanza
	- Imprevistos

¹⁰ Estos valores de referencia corresponden a la tesis del Ing. M. Paganini. Inst. Balseiro, 1991.

MANO DE OBRA (salarios y cargas sociales)

REFUERZO DE ⁶⁰Co

COMBUSTIBLE Y MANTENIMIENTO

COSTOS OPERATIVOS ANUALES

LUZ, AGUA, TELEFONO

MATERIALES DE LABORATORIO Y
OFICINA

IMPUESTOS Y SEGUROS

IMPREVISTOS

De acuerdo a la bibliografía específica consultada, el orden de magnitud de los costos correspondientes a una planta de irradiación monopropósito con una actividad de fuente de 30089 Ci se transcriben a continuación:

COMPONENTES DE LA INVERSION INICIAL

- Diseño técnico
 - Horas empleadas: 5000
 - Precio de la hora: US\$ 5,00
 - Costo total: US\$ 25000
- Fuente de ⁶⁰Co
 - Actividad: 30089 Ci
 - Precio del Ci de ⁶⁰Co: US\$ 1.05
 - Costo total: US\$ 31600
 - Costos de instalación y montaje: US\$ 18000
 - Costos de transporte: US\$ 13000
- Sistema de transporte: US\$ 50000
- Recinto de irradiación:
 - Volumen de hormigón empleado: 300 ³
 - Precio del m³ de hormigón común: US\$ 100
 - Costo total: US\$ 30000
- Sistema de almacenamiento de la fuente: US\$ 10000
- Sistema de ventilación: US\$ 3000

- Sistemas auxiliares (seguridad): US\$ 20000
- Laboratorios, sala de control, oficinas, servicios:
- Superficie cubierta: 300 m³
- Precio promedio del m² de construcción: US\$ 500
- Costo total: US\$ 150000
- Galpones:
- Superficie cubierta: 8000 m²
- Precio promedio del m² de tinglado: US\$ 50
- Costo total: US\$ 400000
- Elevadores hidráulicos: US\$ 10000
- Equipo de laboratorio: US\$ 3000
- Equipo de oficina: US\$ 1000
- Terreno:
- Superficie del terreno: 4 hectáreas
- Precio de la hectárea: US\$ 1500
- Costo total: US\$ 6000
- Balanza: US\$ 2000
- Imprevistos: 10% del total: US\$ 77000

TOTAL INVERSION INICIAL: US\$ 850000

COMPONENTES DE LOS COSTOS OPERATIVOS ANUALES

- Salarios y cargas sociales:
- Número de operarios: 4
- Salario y cargas sociales por operario: US\$ 13000
- Número de técnicos: 2
- Salario y cargas sociales por técnico: US\$ 20000
- Número de administrativos: 4
- Salario y cargas sociales por administrativos: US\$ 16000
- Jefe de planta: 1
- Sueldo y cargas sociales: US\$ 32500
- Total de costos de la mano de obra: US\$ 188500
- Refuerzo de ⁶⁰Co (12% del total): US\$ 10000 (incluye transporte e instalación)

- Combustible y mantenimiento: US\$ 50000
- Luz, agua, teléfono: US\$ 5000
- Materiales de laboratorio y oficina: US\$ 2000
- Impuestos y seguros: US\$ 3000
- Imprevistos (10% del total): US\$ 26000

TOTAL DE COSTOS OPERATIVOS ANUALES: US\$ 285000

Considerando los ítems descriptos anteriormente, se procederá a calcular el costo de la inversión inicial y los costos operativos para una planta cuya actividad de fuente es de 367000 Ci mediante la aplicación del factor de escala 0.6, el cual es un factor promedio que se emplea comúnmente en el caso de que no se conozca con exactitud el valor correspondiente a un determinado tipo de planta.

Por lo tanto, la inversión para un nuevo tamaño *t* corresponde al resultado de la siguiente expresión:

$$I_t = I_0 (T_t)^f$$

donde: I_t = Inversión para el tamaño *t*, I_0 = Inversión para el tamaño cotizado, T_t = Cociente de la capacidad *t* dividida por la capacidad cotizada, *f* = Factor de escala.

En este caso, la inversión inicial necesaria para la planta con actividad de fuente de 367000 Ci (conocida la inversión inicial para una planta de 30089 Ci) será:

$$I_t = 850000 (367000 / 30089)^{0.6}$$

Por tanto,

$$\text{INVERSIÓN INICIAL} = I_t = \text{US\$ } 3812184$$

En cuanto a los costos operativos totales anuales, el resultado es el que se expone a continuación:

$$C_t = 285000 (367000 / 30089)^{0.6}$$

COSTO OPERATIVO TOTAL = C_i = U\$S 1278203

Como el objetivo es estimar el costo de irradiación por tonelada de producto se calculará el costo operativo anual (costo operativo más amortización más rentabilidad sobre la inversión inicial).

La vida útil de la planta se estima en 30 años. Por lo tanto, la amortización anual es:

AMORTIZACION = $3812184 / 30 =$ U\$S 127072

Rentabilidad sobre la inversión: 12%

RENTABILIDAD ANUAL = U\$S 457462

Por lo tanto, sumando el costo operativo total anual, la amortización y la rentabilidad del proyecto sobre la inversión inicial, se obtiene el costo operativo anual:

COSTO OPERATIVO ANUAL = $1278203 + 127072 + 457462 =$ U\$S 1852437

Dado que la cantidad de producción a irradiar es de 93856 toneladas, el costo medio por tonelada es:

COSTO MEDIO = $1852437 / 93856 =$ U\$S 19,74

El costo medio por tonelada a irradiar asciende a U\$S 19,74 (con la planta funcionando efectivamente durante tres meses, en dos turnos diarios). Este valor representa, de acuerdo en qué mercado se venda la producción (Central de Buenos Aires ó Central de San Pablo) un porcentaje diferente del precio promedio.

De acuerdo a los datos de precios mensuales recabados (teniendo en cuenta el período considerado para cada caso) el precio promedio en el Mercado Central de Buenos Aires fue de \$ 244,87. En tanto, el precio promedio en el Mercado de San Pablo fue de U\$S 393,75.

De esta forma, se tiene que el costo de irradiación representa el 8% del precio promedio registrado en el Mercado Central de Buenos Aires y el 5% del precio promedio registrado en el Mercado Central de San Pablo. El orden de magnitud no difiere demasiado del que se considera como costo de irradiación en la bibliografía especializada, y que por ello se utilizó en este trabajo para estimar la demanda potencial del servicio de irradiación

Cabe resaltar que la incidencia del costo de irradiación, medido como porcentaje de precios promedio, disminuiría significativamente si se modificara la política de venta de la zona (es decir, si se cambian los porcentajes de ventas mensuales que actualmente se registran) y se vendiese la producción en los meses que se registran los precios más altos en sendos mercados.

Sin embargo, de acuerdo al estudio realizado, en función de los resultados, queda demostrada la prefactibilidad económica de esta planta de irradiación monopropósito con fuente de ^{60}Co . Más aún, el costo técnico de irradiación podría disminuir significativamente si:

- a) Se lograra ampliar el tiempo de funcionamiento de la planta incorporando producción alternativa, tal como ajo, papa, zapallo y otras hortalizas pesadas en las que la técnica haya sido probada y haya demostrado ser eficiente.
- b) Se legislara con respecto a la obligación de esterilizar especias, dado el peligro que representa cuando se usa en alimentos sin cocer.
- c) Se lograra captar mercados cautivos en los que se pudiese colocar el producto en época no tradicional y así poder absorber precios más elevados.
- d) Si se utiliza durante los primeros años de operación a las instalaciones ociosas durante nueve meses en investigación y desarrollo de nuevos productos y procesos. Ello generaría un aumento potencial en la utilización de la planta a partir del 5º año, momento en el cual ya se tendría suficiente confiabilidad en las experiencias realizadas.

Conclusión

La aplicación de radiaciones ionizantes induce determinados procesos físicos y químicos que son de aplicación en numerosos campos de la ciencia y la tecnología. Entre ellos se encuentra la conservación de alimentos por irradiación con el objetivo de prolongar el período de comercialización y disponer de productos de mayor calidad y salubridad. Esta tecnología de punta en preservación de alimentos permite, entre otras cosas, inhibir el brote de bulbos y tubérculos (radioinhibición), desinfectar cereales y reducir el número de microorganismos nocivos para la salud humana y/o aquellos que descomponen los alimentos durante el almacenaje.

La preservación de alimentos por irradiación aparece como una interesante alternativa, ya que no altera las características nutricionales y organolépticas y asegura la calidad higiénico-sanitaria de los productos. En algunos casos, en combinación con procesos convencionales, permite lograr distintos objetivos que dependen del nivel de dosis de radiación que se aplique. Su adopción generalizada

podría, sin duda, cambiar también las condiciones de los mercados al favorecer una mayor disponibilidad de productos de calidad constante durante su vida útil comercializable. Actualmente 37 países han aprobado el consumo humano de casi 40 productos tratados con energía ionizante, y muchos de ellos se encuentran operando a escala comercial (tal es el caso de EEUU, Japón, Rusia, Israel, España, Francia, Italia, Chile, entre otros). Por lo tanto, el tratamiento con radiaciones ionizantes presenta ventajas en comparación con los métodos convencionales: menor consumo de energía, eliminación o reducción de la aplicación de productos químicos y posibilidad del tratamiento de productos envasados.

La Universidad Nacional del Sur, a través del Laboratorio de Radioisótopos, está elaborando un proyecto cuyo objetivo es evaluar la factibilidad técnica y económica de una planta de irradiación multipropósito provista con fuente de ^{60}Co , debido a la abundante disponibilidad de este mineral radioactivo en nuestro país.

En Argentina se encuentran las instalaciones de ^{60}Co que la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) posee en el Centro Atómico de Ezeiza y la empresa IONICS, que posee una instalación similar en el Gran Buenos Aires.

Dado que el Código Alimentario Argentino admite la tecnología de irradiación de alimentos como práctica tecnológica (el Capítulo XI hace referencia a los alimentos vegetales y hortalizas; particularmente los Artículos 827 bis, 841 bis, 844 bis y 884 bis tratan acerca de la aplicación de la energía ionizante sobre papa, ajo, cebolla y frutilla respectivamente), y comprobada la eficacia de la técnica, se estudió el mercado –tanto local como regional- a los efectos de detectar potenciales productos de ser radioinhibidos.

Como resultado de la investigación, la cebolla aparece como el producto más representativo para ser tratado porque: a) existen estudios minuciosos que aseguran la eficacia del empleo de dicha tecnología, b) existe un mercado externo sumamente importante, tal como el brasileño, en donde el Mercado Central de San Pablo registra precios superiores a los del Mercado Central de Buenos Aires, c) existe un volumen potencial nada despreciable a ser tratado para poder colocarlo en el mercado interno ó en el mercado externo, en épocas donde no exista sobreoferta para poder captar el diferencial de precio. Para esto es necesario contar con un producto de calidad y en excelente estado de conservación, y ello sería posible si se emplease la técnica de la radioinhibición.

Dado lo antes mencionado se optimizó el volumen a ser irradiado para poder, posteriormente, estimar la escala correspondiente a una planta de irradiación con fuente de Cobalto 60. Ello con la finalidad de estimar el costo del tratamiento por tonelada de producto y compararlo con el precio de mercado para poder

determinar la prefactibilidad económica de una planta monopropósito.

En función de la demanda potencial estimada, se evaluó la rentabilidad del capital invertido en un 12% anual real; se calculó un orden de magnitud de la inversión de U\$S 3812184 y costos operativos anuales de U\$S 1852437.

Considerando que la planta enfrenta un mercado actual que le provee una demanda efectiva por servicios de irradiación sólo durante tres meses al año, se supone que el precio unitario debe cubrir los costos totales anuales.

Finalmente se llegó al resultado de que el costo medio estimado representa el 8% del precio promedio registrado en el Mercado Central de Buenos Aires, y el 5% del precio promedio registrado en el Mercado Central de San Pablo; es decir, un costo promedio de irradiación del 6,5 %. Comparándolo con el valor de mercado (5% del precio del producto para el productor, que es el costo de irradiación que se utilizó en el presente trabajo para realizar los cálculos de rentabilidad) la diferencia de 1,5% es despreciable si se consideran: a) los beneficios que trae aparejada dicha técnica por disminución de pérdidas y prolongación de la vida útil del producto y b) que se tiene como alternativa vender en los meses de mayores precios.

Por todo lo anterior se concluye que la prefactibilidad económica de una planta de irradiación monopropósito para el tratamiento de bulbos y tubérculos es aceptable si el costo de oportunidad de la inversión es como máximo del 12%.

Ello bajo la restricción de que la planta opera comercialmente solamente durante tres meses al año. Si la demanda aumenta y como consecuencia de ello disminuye la capacidad ociosa (ó utilizada en I&D sin generar ingresos genuinos) la tasa interna de retorno aumentará y por lo tanto la inversión se tornará más atractiva.

BIBLIOGRAFIA

- Anderson, J.R., Dillon, J.L. y Hardaker, J.B. *Agricultural, Decision Analysis*. AMES: IOWA Press, University Press, 1977.
- Balazs-Sprinz, "Evaluation of the Economic Feasibility of Radiation Preservation of Selected Food Commodities", *Atomic Energy Review*. 15.3, 1977.
- Brynjolfsson, A., *Factors influencing economic evaluation of irradiation processing, Proceedings of a panel on the technological factors involved in the*

- economical application of food irradiation*, International Energy Agency, Viena, Austria. 1973.
- CODEX Alimentario, Vol. XV, Ed. 1, FAO/OMS, 1984.
- Código Alimentario Argentino (1978), Artículos 174 bis y 827 bis (1988), Artículos 844 y 844 bis (1989) y Artículos 1201 y 1401 bis (1990).
- Croci, C.A., Sastre, M.S.P. de y Curzio, O.A., "Proyecto Planta de Irradiación Multipropósito de la Universidad Nacional del Sur. Factores Determinantes", *Argentina Nuclear*, 22, 40/6. 1990.
- Curzio, O.A. y Croci, C.A., "Extending Onion Storage Life by Gamma Irradiation", *Journal of Food Processing and Preservation*, Volumen 7, Número 1, 1983.
- , "Radioinhibition Process in Argentina : garlic and onion bulb", *Radiation, Physics & Chemistry*, 31, 203/6, 1988.
- Curzio *et al.* , "Avaliacao das qualidade das cebola Argentina irradiada, Transportada e Armazenada no Brasil", *Proceedings III. Encontro de Aplicacoes Nucleares*, San Pablo (Brasil). 1995.
- Deitch, J., "Economics of Food Irradiation", *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 1982.
- FAO/IAEA, "Commercial Application of Food Irradiation in Brazil: Part II. Feasibility Study for the State of Sao Paulo", March 1996.
- Fischer, W., "Implementing a Commercial Scale Potatoe Irradiation Project in Poland. A Case Study", *Food Irradiation Newsletter*, Vol. XI, 1987.
- Galetto, A., "Formulación e Implementación de Modelos de Programación Lineal Bajo Condiciones de Riesgo", *INTA- Informe Técnico N° 50*, 1991.
- , INTA- Estación Experimental Agropecuaria Rafaela, Seminario: Introducción a la Toma de Decisiones bajo Riesgo en la Empresa Agraria. Octubre 1991.
- Gutiérrez, R., Lucanera, G., Sastre, M. de., "Demanda Potencial de Servicios de Irradiación de una Planta Multipropósito Localizada en Bahía Blanca", *Dpto. de Economía, U.N.S.*, 1988.
- I.A.E.A. "Factors Influencing the Economical Application of Food Irradiation. Proceedings of a Panel Organized by the Joint FAO/IAEA". *Division of Atomic Energy in Food and Agriculture*. 1971.
- I.A.E.A. "Food Irradiation Newsletter (Suppl.)". *Joint Division of Nuclear Techniques in Food and Agricultur*. Vienna, 1991.
- I.N.D.E.C. *Anuario Estadístico*. Varios ejemplares.
- Kukacka, L.E. y Manowitz, B., "Estimating Gamma-Radiation Processing Costs", *Nucleonics*, 23, 1, 74-78, 1965.
- Lapidot, M., "Economic and Safety Aspects of Food Radiation Processing. Cost-Benefit Aspects of Food Irradiation Processing", *Proceedings of a Symposium, ALX-En-Provence*, 1-5 March 1993 (Jointly organized by IAEA, FAO and WHO).

- Loharanu, P., *Food Irradiation: An Alternative Technology*, Asean Workshop on Food Irradiation. Bangkok, 1985.
- Lucanera et al., "Banco de datos socio- económicos de la zona de CORFO - Río Colorado. Estimación del PBI Agropecuario Regional". Dpto. Economía- Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 1984/95.
- Mas -Colell, A., Whinston, M., Green, J., *Microeconomic Theory*, Oxford University Press, 1995.
- Morrison, R.M., "An Economic Analysis of Electron & Cobalt 60 for Irradiating Food". *Economic Research Service*, USDA. Technical Bulletin N° 1-762, New York, 1989.
- Paganini, M.C., *La Utilización de la Energía Ionizante en la Conservación de Tubérculos*. Instituto Balseiro, C.N.E.A., 1992.
- , *La Irradiación de Alimentos*, Instituto Balseiro, C.N.E.A., 1991.
- Perfil dos Hortigranjeiros Comercializados no ETSP -Legumes e Produtos Diversos, San Pablo, Brasil, 1990, out. 1992. *informe*
- Picardi de Sastre, M.S, Croci, C.A. y Curzio, O.A., "Optimizing the Volumen of Onion to be Irradiated in Argentina. The CORFO Zone Case". *Food Irradiation Newsletter, FAO/IAEA, Vienna. 1990.*
- , "Estimación del Beneficio Económico de la Aplicación del Proceso de Radioinhibición a Ajo y Cebolla de la Región de Corfo - Río Colorado". *La Alimentación Latinoamericana*, Año 24 - Número 184, Set.-Oct.1990.
- S.A.G.P.Y A. Anuario Estadístico. Varios ejemplares.
- Sapag Chain, N., *Criterios de Evaluación de Proyectos. Cómo medir la rentabilidad de las inversiones. E2*, Mc Graw Hill. 1993.
- Sastre, M.S. et al. "Análisis del Mercado Potencial y Estimación del Flujo de Producto Esperado para una Planta de Irradiación en Bahía Blanca". *Convenio Universidad Nacional del Sur- Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, Departamento de Economía- U.N.S 1989. En mimeo*
- , "Impacto económico de la radioinhibición de ajo, cebolla y papa sobre el ingreso regional. Caso Corfo - Río Colorado". *Revista Argentina de Economía Agraria*, Vol.III, 1989.
- Sastre, M.S., Curzio, O., Croci, C., Cristiano, G., "Estrategia para el Manejo Poscosecha de la Producción de Cebolla de la Región de Corfo-Río Colorado. Rol del Proceso de Radioinhibición en la extensión del período de oferta dentro del Mercosur". *Revista Argentina de Economía Agraria*, 1996.
- Walder, J.M.M., Curzio, O.A., Croci, C.A., Spoto, M.H.F. y Blumer, L., "Análisis da Qualidade da Cebola Irradiada na Argentina e Armazenada no Brasil". *Pesq. Agrop. Bras., Brasilia*, 32,6, 565-69. 1997.