



## Selección de variedades de tomate exportable a Estados Unidos: aplicación del modelo de Markowitz para la disminución del riesgo

Tomato varieties selection for export to US: application of the Markowitz model for risk reduction

*Carlos Borbón Morales\**

*Marisol Arvizu Armenta\*\**

*Guillermo Verdugo Robles\*\*\**

Fecha de recepción: noviembre de 2011

Fecha de aceptación: abril de 2012

\*Coordinación de Desarrollo Regional, CIAD

\*\*Estudiante de maestría en Desarrollo Regional, CIAD

\*\*\*Estudiante de licenciatura en Economía, Universidad de Sonora

Dirección para correspondencia:

cborbon@ciad.mx (Carlos Borbón Morales)



### **Resumen / Abstract**

El tomate es la hortaliza más difundida y la de mayor valor económico. La demanda de este producto aumenta constantemente y con ella el monto producido por año. El cultivo del tomate, su procesamiento y venta están influenciados por aspectos económicos, ambientales y financieros. La viabilidad económica se ve afectada, ya que no solo depende de los cambios en las variables macroeconómicas como el tipo de cambio y el precio internacional, sino también de cambios en las condiciones climáticas y costo del paquete tecnológico, entre otras. El agricultor debe elegir las variedades y los tipos de empaque en los cuales invertirá, pues de ello dependerá el margen de utilidad que se obtendrá al finalizar el ciclo.

Palabras clave: tomate, diversificación de riesgo, utilidad.

Tomatoes are the most widespread and valuable vegetable. Demand for this produce is constantly increasing, as well as the tonnage produced every year. Tomato cultivation, processing and sales are influenced by economic, environmental and financial factors. Economic viability is affected, since it not only depends on changes in macroeconomic variables, but changes in weather conditions, and technology costs, among others. Farmers must choose varieties and packaging to invest in, since their profit margin will depend on it at the end of the cycle.

Key words: tomato, risk diversification, profit.



## Introducción

El tomate es una de las hortalizas líderes en los mercados mundiales. China tiene la primacía en la producción; México es el quinto productor. En lo concerniente a las exportaciones, México se sitúa como el tercer exportador, solo atrás de los Países Bajos y España. En tanto que los principales importadores están representados por Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, particularmente. En este sentido, México tiene en Estados Unidos a su principal comprador, de ahí que el patrón de precios de los tomates en dichos mercados responda a la época invernal que es cuando en ese país disminuye la producción.

Si matizamos la anterior aseveración podemos advertir que los patrones de precios sufren algunos cambios si nos referimos a ciertas variedades, empaques o a ciertas ciudades de tal país. Así, la volatilidad de los precios de acuerdo a las particularidades del producto y el empaque presentan distinto nivel de riesgo.

En este documento se pretende proporcionar un panorama de los escenarios que los precios asumen por región y por tipo de producto. Asimismo, se pretende determinar el mejor grupo de variedades y empaques para que los productores de tomate realicen su mejor elección a la hora de seleccionar tanto la variedad, el empaque y el destino de este, en tanto central de abasto en los Estados Unidos.

Para estos fines se presentan cuatro secciones:

1. El comercio internacional del tomate. En el cual se brinda una semblanza de la producción, las exportaciones y las importaciones de tal hortaliza, da cuenta de algunos elementos de la oferta en Estados Unidos y se hace énfasis en la industria de los invernaderos en ese país. Se realiza también un recuento del mercado en los Estados Unidos, un breve análisis de acuerdo a las tipologías de los consumidores y el comportamiento de los precios.
2. El modelo de Markowitz. Esta sección se destina a la exposición del modelo Markowitz, el cual tiene por objetivo disminuir el riesgo al momento de invertir. Partiendo de la premisa

que con la estimación de los valores dependiendo de la combinación de riesgo y utilidad, el inversionista posee una gama de elección para realizar la selección que más se ajuste a sus preferencias. Se plantea también los avances del modelo CAMP; el CAMP beta-cero y el CAPM intertemporal (ICAPM).

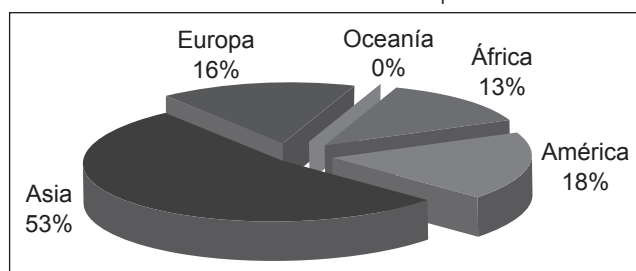
3. Procedimiento y resultados. Se describen las fórmulas del modelo y la selección de los datos de precios, variedades y mercados en Estados Unidos. Se realizan los cálculos pertinentes y se proporcionan los resultados.
4. Conclusiones. Se resaltan los resultados y se apuntan algunas recomendaciones.

## 1. Comercio internacional de tomate

### *Producción mundial*

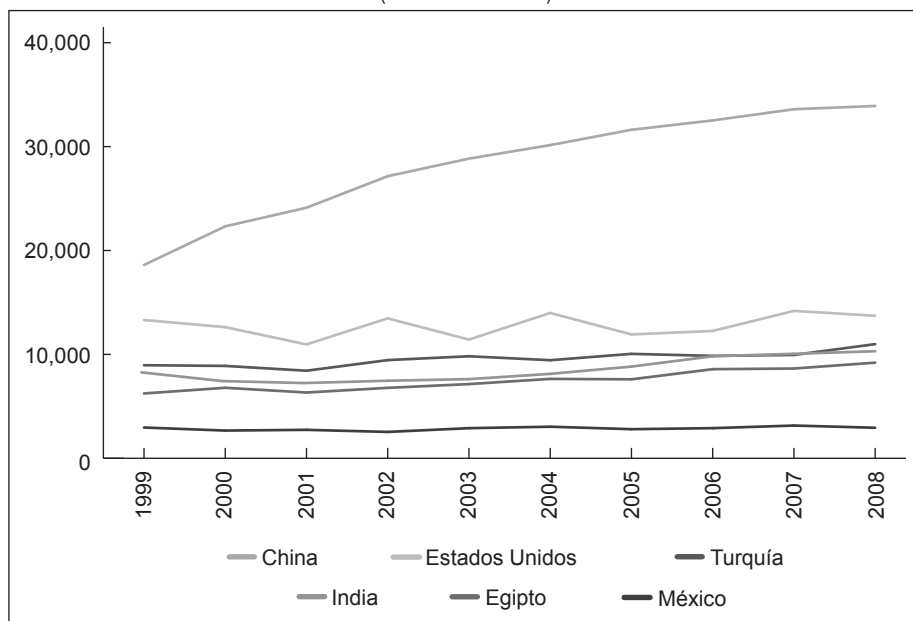
De acuerdo con la información de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO por sus siglas en inglés), al menos 164 países alrededor del mundo producen alguna variedad de tomate. En 2009, como se observa en la gráfica 1, se estima que la producción mundial ascendió a más de 140 millones de toneladas, de las cuales solo Asia es responsable de más del 50%. América es el segundo continente con mayor producción, aporta casi el 20% de la producción mundial, seguida por Europa con poco más del 16%.

Gráfica 1. Producción mundial de tomate por continente



Fuente: FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2011, febrero 2011.

El principal país productor en el mundo en el año 2008 fue China; aportó el 25.85% de la producción mundial equivalente a 33,911,702 toneladas, superando a Estados Unidos que tuvo una producción de 13,718,171 toneladas equivalentes al 10.91% de la producción Mundial. México se ubica en el número 9 con 2,936,773 toneladas de tomate, equivalentes a 2.42% de la producción mundial, gráfica 2.

Gráfica 2. Principales países productores de tomate de 1999 a 2009  
(miles de toneladas)

Fuente: FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2011 | Febrero 2011.

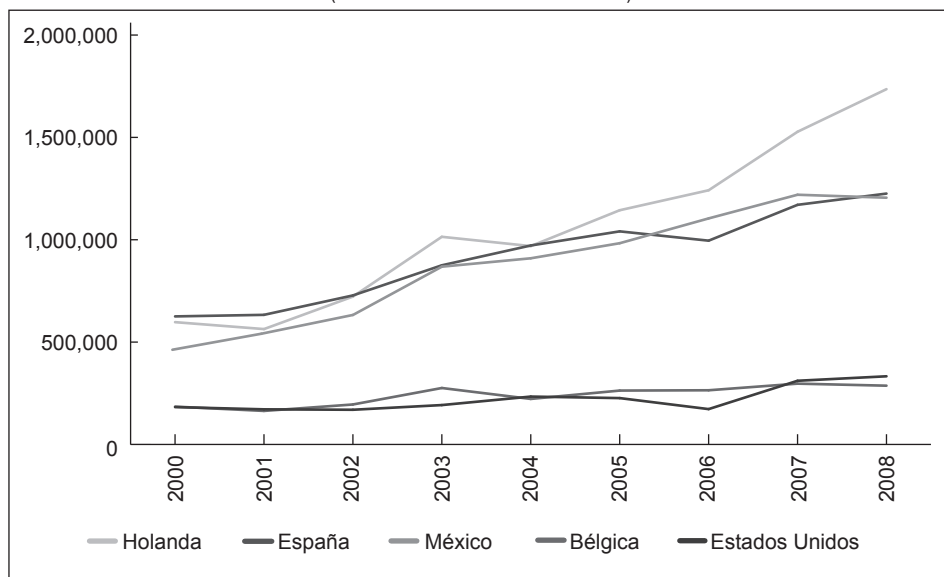
### ***Principales países exportadores***

En exportaciones de tomate, en términos de valor, México ocupa el tercer lugar mundial con 1,205.390 miles de USD durante el 2008. En este rubro, solo fue superado por los Países Bajos con 1,735.650 miles de USD y España con 1,225.510 miles de USD. Estos tres países representan más del 50% de las exportaciones mundiales de tomate, sin mencionar a Estados Unidos y Bélgica con los cuales dicho porcentaje asciende a más del 65%. Cabe destacar el incremento exponencial de las exportaciones de España y México y la que el resto del bloque exportador posee un rol marginal.

### ***Principales países importadores***

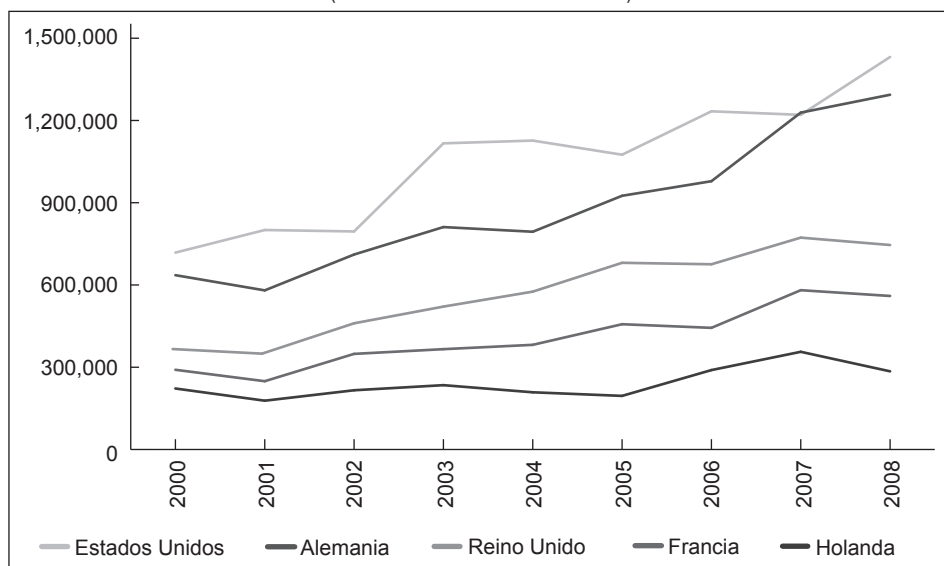
Países como Alemania, Estados Unidos, Reino Unido, Francia y Holanda, representan poco más del 62% de las importaciones totales de tomate, por lo que su demanda conjunta es un indicador de las tendencias en cuanto a los volúmenes demandados y consumidos de este producto.

Gráfica 3. Principales países exportadores. Valores de exportación 2000-2008 (miles de dólares estadounidenses)



Fuente: FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2011, febrero 2011.

Gráfica 4. Principales países importadores. Valores de exportación 2000-2008 (miles de dólares estadounidenses)



Fuente: FAOSTAT | © FAO Statistics Division 2011, febrero 2011.



## Socios comerciales

En el cuadro 1 se aprecian los países que cubrieron la demanda de tomate en el año 2006 de los principales países importadores. Entre otras cosas “podemos destacar que cuatro de los cinco países son euroasiáticos” (Borbón y González, 2008). Los Países Bajos proveen tomate a cuatro de los cinco países en esta lista. China, a pesar de su importancia en la producción mundial, no es un gran exportador.

Cuadro 1. Proveedores de los principales países importadores

Francia		Alemania		Reino Unido		Rusia	
Origen	%	Origen	%	Origen	%	Origen	%
Marruecos	43.05	Países Bajos	51.94	España	43.44	Turquía	35.05
España	31.98	España	25.99	Países Bajos	41.03	China	13.84
Bélgica	10.76	Bélgica	9.35	Polonia	4.43	Kazajistán	13.17
Países Bajos	51.30	Italia	7.00	Alemania	3.80	Azerbaiyán	9.99
Israel	26.80	Francia	4.24	Italia	2.52	Marruecos	6.29

Fuente: elaboración propia con datos de Borbón y González, 2008.

Respecto a Estados Unidos, Canadá y México son los que le satisfacen en mayor medida su demanda que no cubre la producción interna. Los Países Bajos y España, entre otros, lo proveen de tomate, pero marginalmente. México y Canadá no son los únicos intentando colocar su producto en el mercado estadounidense, su posición geográfica representa una ventaja ante al resto de los competidores lo que implica menores costos de transporte de la mercancía y menos barreras arancelarias.

En las exportaciones estadounidenses de tomate, resalta Canadá, absorbe en promedio 85.52% de las exportaciones anuales norteamericanas. El resto de sus exportaciones, en el año 2006, fueron absorbidas por México, Bahamas, Países Bajos, entre otros. Por otro lado, las importaciones tienen tendencia creciente, están altamente concentradas por Canadá que representa 23.06% y por México que representa, 72.37% de las importaciones de tomate al 2006.

Asimismo, cabe resaltar que las exportaciones de Estados Unidos hacia México y Canadá aumentaron en el periodo 2002-2006, pasando de 91.28% a 94.01%. El incremento se explica por las importaciones de Canadá que pasaron de absorber el 82.69% al 86.83% de las exportaciones estadounidenses. Las importaciones son dominadas por México y Canadá, en 2002 aportaron en conjunto 91.14% del total, debido a un incremento en las exportaciones de tomate desde México las cuales pasaron de 69.43% en 2002 a 75.98% en 2006, las exportaciones Canadienses se mantuvieron estables.



### **La industria norteamericana del tomate de invernadero**

La industria canadiense de tomate de invernadero es una de las más grandes en Norteamérica. Canadá fue pionero en esta industria; a partir del auge de los invernaderos, se inició un proceso de conversión con el cual decayó la producción a campo abierto, mediante esta conversión, que parte de la demanda interna, Canadá toma la posición como el principal productor de tomate de invernadero de Norteamérica y segundo país exportador de tomate a Estados Unidos.

Estados Unidos es el segundo productor de tomate de invernadero en Norteamérica con volumen de 159,664 toneladas para el año 2003. También es el segundo país en rendimientos de la región. Sin embargo, es el único que tiene balanza comercial negativa en este producto. Estados Unidos exporta 2% de su producción a Canadá, pero importa el 60% de la producción canadiense y la producción mexicana exportable.

México es el mayor productor y consumidor per cápita de tomates frescos por lo que su industria y mercado resaltan en la dinámica de la industria en Norteamérica. Las exportaciones de este producto son de gran relevancia para México, en el año 2003 representaron el 46% de su producción total, de las cuales alrededor del 90% fue hacia Estados Unidos y el resto a Canadá.

Cuadro 2. Industria norteamericana de tomate fresco, comparación de la producción a campo abierto y la de invernadero 2003

	Unidades	Estados Unidos	Canadá	México	Norteamérica
Producción mediante invernadero	Toneladas	159,664	220,114	148,300	528,078
Área cosechada bajo invernadero	Hectáreas	330	446	950	1,726
Rendimientos	Ton/ha	484	494	156	378
Producción a campo abierto	Tons. métricas	1,594,241	26,882	1,804,000	3,425,123
Área cosechada a campo abierto	Hectáreas	50,304	1,813	63,300	115,417
Rendimiento promedio para el tomate fresco	Ton/ha	32	15	28	25
Participación de la producción en invernadero	Porcentaje	9	89	8	13
Proporción del área cosechada bajo invernadero	Porcentaje	1	20	1	20
Importaciones estimadas de Estados Unidos	Toneladas	n. a.	130,154	125,970	256,124

Fuente: elaboración propia con base en información extraída de Calvin y Cook, 2005.

### **El mercado estadounidense de tomate**

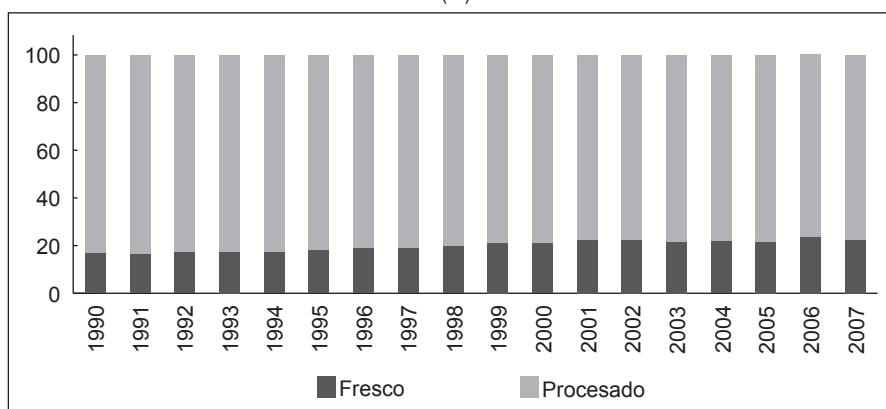
Para el año 2005 las importaciones de tomate fueron elevadas durante la primer parte del año y terminan de descender hasta el mes de agosto, su punto más ba-



jo, para elevarse de nuevo. Cada año es más el tomate que se consume en el país y, cada vez se debe importar un mayor número de toneladas para compensarlo.

Como la mayoría de las frutas y verduras, el tomate se vende en un gran número de envases y presentaciones. Englobando todos los tipos de presentaciones se encontró que el tomate fresco solo representa alrededor del 20% de las ventas totales comparado con 80% de todos sus derivados procesados como lo muestra la gráfica 5.

Gráfica 5. Estados Unidos, consumo en fresco vs. procesado (%)



Fuente: elaboración propia de información extraída de Lucier, Lin, Allshouse y Kantor, 2000.

Llama la atención que esta diferencia pareciera tener un ligera tendencia a reducirse. Como se observa en la gráfica 5. Así mismo, la proporción de los distintos productos elaborados a base de tomate como salsa, tomate envasado, pasta, etc., ha ido decreciendo. La importancia de lo anterior radica, principalmente, en el hecho de ser Estados Unidos el mercado para tomate de invernadero en la región; 17% de la oferta estadounidense de tomate fresco proviene de la producción de invernadero doméstica. La importación de tomate fresco es dominada por la oferta de Canadá y México.

### **Consumidores de tomate en Estados Unidos**

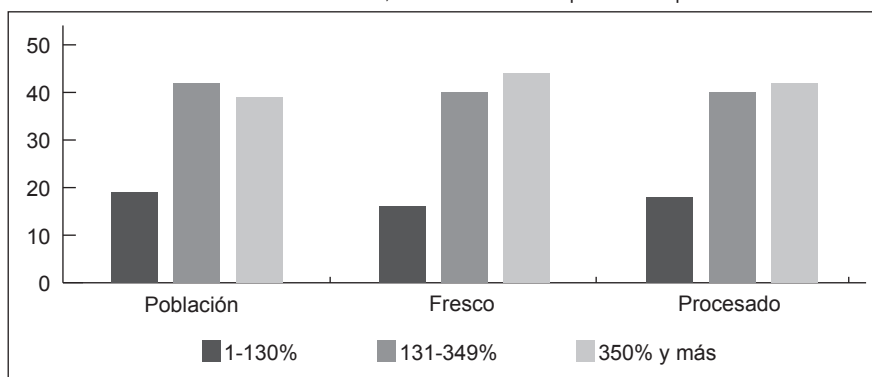
La caracterización del consumidor en Estados Unidos, de acuerdo al poder adquisitivo, muestra que la población de altos ingresos, que suma 39% de la población, absorbe el 42% del tomate fresco y del procesado. En cambio, la población de ingresos medios, representando el 42% de la población, absorbe el 40% del tomate fresco y del procesado, mientras la población de bajos ingresos absorbe el 16% del tomate fresco y el 18% del procesado (gráfica 6).



En cuanto al género y por grupo de edad, el consumo de tomate fresco y procesado es más elevado en la población de veinte años y más, sin embargo, la población masculina ubicada en este rango de edad, consume una proporción mayor respecto a su peso poblacional en todos los grupos exceptuando el consumo de tomate procesado entre hombres de sesenta y más.

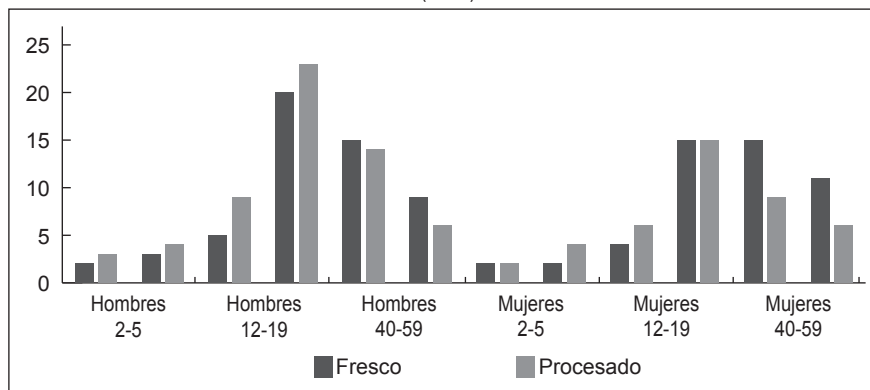
Respecto a las mujeres, solo las de cuarenta años o más consumen una proporción mayor a los hombres y es en tomate fresco. Cabe mencionar, que la población de la masculina muestra mayor preferencia por este producto (gráfica 7).

Gráfica 6. Estados Unidos, consumo de tomate por nivel adquisitivo



Fuente elaboración propia: información extraída de Lucier, Lin, Allshouse y Kantor, 2000.

Gráfica 7. Estados Unidos, consumo de tomate por edad y sexo (1998)



Fuente elaboración propia: información extraída de Lucier, Lin, Allshouse y Kantor, 2000.

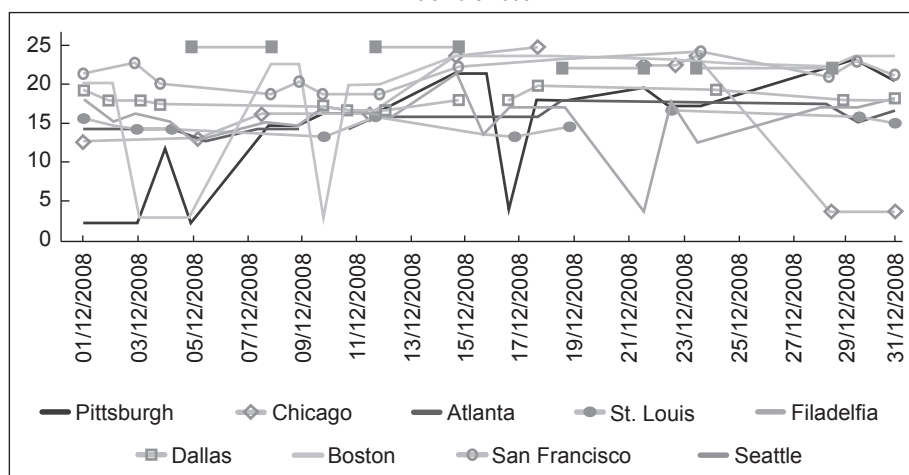


### **Precios en el mercado de tomate de Estados Unidos**

Los precios del producto son en función de la variedad de que se trate, del empaque, de la coyuntura del mercado, así como a que obedecen a condiciones probabilísticas. Combinando efectos del clima, rendimientos y costos y la variabilidad de precios, es fácil concluir que el "riesgo agropecuario" puede resultar extremadamente alto, de no diagnosticarse y manejarse adecuadamente" (Paz, 2004). A continuación se presenta el precio promedio, de las distintas variedades de tomate de invernadero, en los principales puntos de distribución en Estados Unidos y Toronto, Canadá, para el mes de diciembre del 2008 (gráfica 8). Se observa la volatilidad de los precios en los principales puntos de distribución.

Los precios del tomate fresco pueden variar debido a problemas de transporte o condiciones climáticas adversas en la región demandante u oferente. Sin embargo, la oferta de tomate de invernadero es menos propensa a variaciones marcadas inesperadas que los tomates de campo abierto, pero el clima aún puede impactar producción y precio (Cook y Calvin, 2005).

Gráfica 8. Precio diario por punto de venta de tomate de invernadero.  
Diciembre 2008



Fuente: elaboración propia con datos de: U. S. International Trade Commission. 08 de diciembre de 2009.

## **2. El modelo de Markowitz (Teoría Moderna de Portafolios o TMP)**

El modelo de Markowitz (1952, 1957 y 1959) tiene como propósito disminuir el riesgo al momento de invertir. Se parte de la idea que se dispone de un monto de



dinero para invertir en el periodo actual para intentar obtener una utilidad en un periodo posterior. El modelo cuenta con el supuesto de que el inversionista reconoce que los rendimientos futuros de los valores y, por tanto, de los portafolios, en el siguiente periodo son desconocidos. Sin embargo, el inversionista puede realizar una estimación del rendimiento esperado mediante la media de los valores históricos del instrumento.

Se conoce como medida de satisfacción a la utilidad positiva o pérdida de utilidad que ciertas actividades dejan. Como las preferencias son distintas, cada individuo encontrará satisfacción en una combinación distinta de riesgo y utilidad. Al no conocer el valor final de un portafolio, se genera una estimación de los valores dependiendo de la combinación de riesgo y utilidad. Sobre esta habrá de basarse el inversionista para seleccionar una combinación de acuerdo a sus preferencias.

A un riesgo más elevado corresponde un rendimiento más elevado. Esto genera un gran conflicto, ¿Cómo lograr el mejor rendimiento con el menos riesgo? Markowitz (1952, 1957 y 1959) señala que los objetivos pueden balancearse mediante la diversificación. En este sentido, Avilés, González y Martínez (2006), indican que la diversificación en condiciones de incertidumbre es una condición necesaria de eficiencia económica, porque permite aminorar el riesgo, manteniendo el mismo nivel de ganancia esperada.

Markowitz (1952, 1957 y 1959) asevera que los inversionistas deben basar sus decisiones de selección de portafolios en rendimientos esperados y desviaciones estándar, ya que el rendimiento esperado se puede ver como la recompensa potencial asociada con el portafolio y la desviación estándar se puede ver como una medida del riesgo del portafolio. Dado el supuesto de la racionalidad del inversionista, se asume que este es adverso al riesgo, lo cual significa que elegirá el portafolio con menor desviación estándar.

La covarianza mide la relación entre dos variables aleatorias. Con ella se puede analizar como los rendimientos de  $a$  y  $b$ , se mueven uno respecto al otro. La correlación está altamente relacionada con la covarianza. Esta cambia la escala de la covarianza facilitando la comparación de las variables sin importar las escalas. Para calcular el rendimiento esperado para un portafolio de dos artículos, se hace uso de los promedios ponderados. El rendimiento esperado para el portafolio se estima sumando los promedios ponderados de los rendimientos o retornos esperados para los instrumentos que componen nuestro portafolio.

### ***Modelo de fijación de precios de activos de capital (CAPM)***

Trabajando sobre la base del modelo de Markowitz (1952, 1957, 1959), Sharpe, Lintner y Mossin desarrollaron lo que se conoce como el modelo de fijación de precios de activos de capital o CAPM. El modelo describe cómo los inversores determinan los retornos esperados y fijan los precios a los activos riesgosos basados en su volatilidad relativa a la del mercado en su conjunto. El modelo asume que:



- Los inversionistas son racionales, adversos al riesgo y tratan de maximizar su retorno esperado.
- El inversor basa sus decisiones en dos factores: retorno esperado y la varianza.
- Los inversores reducen el riesgo de sus portafolios de acuerdo a la metodología de Markowitz, combinando activos con varianzas contra restantes.
- Los mercados de capitales son completamente competitivos. No hay impuestos ni costos de transacción.
- Existen activos libres de riesgo en los que se puede invertir ilimitadamente o pedir prestado a la misma tasa libre de riesgo. La inflación está completamente anticipada en la tasa libre de riesgo.
- Toda la información está disponible simultáneamente para todos los inversores.

Con esta adición al modelo de Markowitz, el conjunto de portafolios eficientes cambia; la posibilidad de obtener crédito a tasas libres de riesgo y la opción de invertir en activos a tasas libres de riesgo significan que las combinaciones de riesgo y utilidad cambian, permitiendo mejores niveles de certidumbre y la posibilidad de invertir en activos menos riesgosos con posibilidad de mejores utilidades. El modelo CAPM también incorpora otra modificación al modelo de Markowitz. Explica que existen dos tipos de riesgo, el riesgo sistemático, que es el riesgo ya descrito y el riesgo no sistemático, la proporción de la variabilidad del activo que puede ser diversificada es definida como el riesgo no sistemático.

### ***La versión beta-cero del CAPM por Black***

En 1972 Fisher Black desarrolla el modelo beta-cero, el cual no requiere de un activo libre de riesgo. El modelo indica que si el portafolio de mercado posee una media varianza eficiente o, en otras palabras, tiene el menor riesgo para un nivel dado de retornos dentro del conjunto de portafolios accesibles, existen otros portafolios que no están relacionados con el portafolio de mercado. Dichos portafolios, al ser comparados con el portafolio de mercado, arrojan una beta igual a cero. De este conjunto de portafolios pueden seleccionarse los de varianza mínima que, aun cuando no poseen riesgo sistemático, poseen riesgo no sistemático.

### ***CAPM intertemporal (ICAPM)***

El CAPM es considerado un modelo estático o de un solo periodo, ello quiere decir que el CAPM solo arroja resultados para un periodo de tiempo, mostrando la diferencia de una situación final, respecto a la situación inicial. Merton (1973) propone el "Modelo intertemporal de fijación de precios de activos de capital" (ICAPM) el cual posee un nuevo carácter multitemporal, con lo que se busca capturar no solo los resultados en un periodo posterior, sino los resultados para varios periodos posterior al inicial.



### 3. Procedimiento y resultados

Para calcular el rendimiento de un portafolio se utilizará la siguiente fórmula:

$$r_p = \frac{W_1}{W_0} - 1$$

donde  $r_p$  es el rendimiento del portafolio,  $W_1$  es el valor del portafolio en el tiempo 1 y  $W_0$  es el valor del portafolio en el tiempo 0. El rendimiento esperado se puede estimar de la siguiente forma:

$$E(p) = \sum_{i=1}^n P_i \cdot R P_i$$

donde  $E(p)$  es el rendimiento esperado del portafolio,  $p_i$  es la probabilidad del rendimiento esperado con el escenario  $i$ , y  $r_{pi}$  es el rendimiento esperado con el escenario  $i$ .

Primero se debe de calcular la varianza, cada uno multiplicados por la probabilidad asignada.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n P_i (r_{pi} - E(p))^2$$

Finalmente, se obtiene la desviación estándar aplicando la raíz cuadrada a la varianza.

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

El cálculo de la covarianza, se hace con la siguiente fórmula:

$$Cov_{ab} = \sum_{i=1}^n P_i (r_{ai} - E(a))(r_{bi} - E(b))$$

La correlación resulta de dividir la covarianza de dos variables aleatorias entre el producto de sus desviaciones estándar.

$$P = \frac{Cov_{ab}}{(\sigma_a)(\sigma_b)}$$

El rendimiento esperado de un portafolio de dos activos con riesgo será el promedio ponderado de los rendimientos esperados de los activos que componen dicho portafolio.

$$E(p) = w_a + w_b E(b)$$

donde  $w_a$  es la proporción del activo a y  $w_b$  es la proporción del activo b, siendo también ésta,  $1 - w_a$ . El riesgo del portafolio se calcula con la fórmula siguiente:





$$\sigma_p^2 = w_a^2\sigma_a^2 + w_b^2\sigma_b^2 + 2w_a w_b \text{cov}(a, b)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2}$$

Para calcular la proporción de una acción *a*, a invertir en un portafolio, con la que se obtiene la varianza mínima para cualquier coeficiente de correlación, se utiliza la siguiente fórmula:

$$W_a = \frac{\sigma_b^2 - \text{cov}(a, b)}{\sigma_a^2 + \sigma_b^2 - 2\text{cov}(a, b)}$$

Para calcular la proporción de una acción *b*, a invertir en un portafolio, con la que se obtiene la varianza mínima cuando se tiene un coeficiente de correlación igual a 0, se utiliza la siguiente fórmula:

$$W_b = 1 - W_a$$

### Selección de datos

Se seleccionaron cinco variedades de tomate, las cuales comparten la mista estacionalidad. Estas son, el tomate bola producido en invernadero (Inv) y las variedades cherry (CCA), grape (GCA), roma (RCA) y sin clasificar producidos bajo métodos tradicionales (NCA). Se tomo el valor estimado por kilogramos al momento de la importación, este precio es tal y como es indicado en el sitio web de la "United States International Trade Commission" ([www.usitc.gov](http://www.usitc.gov)).

Cuadro 3. Precios de tomate por kilogramo

Periodo	2007					2008					2009				
	Inv	CCA	GCA	RCA	NCA	Inv	CCA	GCA	RCA	NCA	Inv	CCA	GCA	RCA	NCA
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.043	1.325	2.137	0.708	0.834	1.543	1.551	1.298	0.765	0.735	1.467	1.718	0.910	0.571	0.521
3	1.513	2.049	1.384	0.606	0.616	1.526	1.553	1.369	0.991	1.172	1.423	1.860	1.087	0.580	0.560
4	1.609	1.863	1.589	0.634	0.686	1.133	1.787	1.574	1.172	1.296	1.229	1.882	1.535	1.236	0.861
5	1.553	2.116	1.315	0.769	0.980	1.154	2.027	1.444	0.934	1.138	1.202	1.897	1.515	0.970	0.871
6	1.466	1.718	1.218	0.684	0.738	1.475	1.720	1.297	0.707	1.187	1.130	1.523	1.535	0.745	0.767
7	1.289	1.557	1.161	0.686	0.967	1.393	1.390	1.175	0.700	1.170	0.990	1.456	1.346	0.662	0.770
8	1.521	2.284	1.332	1.880	5.637	3.078	2.126	2.466	0.942	0	3.012	1.958	2.270	1.544	0
9	1.583	1.548	1.210	0.720	1.055	1.517	1.397	1.648	0.663	0.967	1.707	1.387	1.346	0.721	0.976
10	1.450	1.380	1.238	0.693	1.000	1.471	1.310	1.421	0.697	0.931	1.532	1.414	1.608	0.744	0.934
11	1.640	1.398	1.005	0.721	0.942	1.269	1.419	1.093	0.701	0.999	1.430	1.307	1.376	0.695	0.932
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia con datos de: U. S. Department of Commerce, U. S. International Trade Commission. Noviembre, 2010.

Para el manejo de los datos se debe obtener la rentabilidad de las acciones o productos. Esto se realiza aplicando la siguiente fórmula:

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1} + D_t + C_t}{P_{t-1}}$$

donde:

$R_t$ , es el rendimiento,

$P_t$ , es el precio de la acción en el momento "t"

$P_{t-1}$ , es el precio de la acción en un período anterior

$D_t$  es el pago de dividendos por cada acción

$C_t$ , es la prima por nueva emisión de acciones

el componente:

$$.Rt = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$$

es la variación del precio del producto de un periodo respecto a otro. Dado que en este caso no estamos trabajando con acciones, solo emplearemos esta sección de la ecuación ya que al ser una sumatoria, el resultado será el mismo.

Cuadro 4. Tasas de crecimiento

Periodo	2007					2008					2009				
	Inv	CCA	GCA	RCA	NCA	Inv	CCA	GCA	RCA	NCA	Inv	CCA	GCA	RCA	NCA
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.100	0.546	-0.350	-0.140	-0.260	-0.010	0.001	0.055	0.295	0.595	-0.030	0.083	0.195	0.016	0.075
4	0.063	-0.090	0.148	0.046	0.114	-0.260	0.151	0.150	0.183	0.106	-0.140	0.012	0.412	1.131	0.538
5	-0.030	0.136	-0.170	0.213	0.429	0.019	0.134	-0.080	-0.200	-0.120	-0.020	0.008	-0.010	-0.220	0.012
6	-0.060	-0.190	-0.070	-0.110	-0.250	0.278	-0.150	-0.100	-0.240	0.043	-0.060	-0.200	0.013	-0.230	-0.120
7	-0.120	-0.090	-0.050	0.003	0.310	-0.060	-0.190	-0.090	-0.010	-0.010	-0.120	-0.040	-0.120	-0.110	0.004
8	0.180	0.467	0.147	1.741	4.829	1.210	0.529	1.099	0.346	-1.000	2.042	0.345	0.686	1.332	-1.000
9	0.041	-0.320	-0.090	-0.620	-0.810	-0.510	-0.340	-0.330	-0.300	0	-0.430	-0.290	-0.410	-0.530	0
10	-0.080	-0.110	0.023	-0.040	-0.050	-0.030	-0.060	-0.140	0.051	-0.040	-0.100	0.019	0.195	0.032	-0.040
11	0.131	0.013	-0.190	0.040	-0.060	-0.140	0.083	-0.230	0.006	0.073	-0.070	-0.080	-0.140	-0.070	0
12	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000	-1.000

Fuente: elaboración propia con datos de: U. S. Department of Commerce, U. S. International Trade Commission. Noviembre, 2010.

El siguiente paso es la estimación del promedio, desviación estándar y la varianza para cada una de las acciones.

Cuadro 5. Promedio, desviación estándar y variación

	Inv.	CCA	GCA	RCA	NCA
Promedio	-0.034428523	-0.075212144	-0.070533725	-0.010970457	0.010196210
Desviación Est.	0.524410805	0.354480937	0.399821682	0.552453307	0.941013995
Variación	0.275006692	0.125656735	0.159857378	0.305204656	0.885507339

Fuente: elaboración propia con datos de: U. S. Department of Commerce, U. S. International Trade Commission. Noviembre, 2010.

Hecho esto, se construye la matriz de varianzas y covarianzas. El cuadro 6 muestra las covarianzas para nuestra selección de productos. La diagonal al centro del cuadro indica la varianzas para cada producto.

Cuadro 6. Matriz de varianzas y covarianzas

	Inv.	CCA	GCA	RCA	NCA
Inv.	0.275006692	0.132592577	0.168322696	0.187034895	0.012539499
CCA	0.132592577	0.125656735	0.109147292	0.141685699	0.132487339
GCA	0.168322696	0.109147292	0.159857378	0.156909923	0.066961081
RCA	0.187034895	0.141685699	0.156909923	0.305204656	0.321016814
NCA	0.012539499	0.132487339	0.066961081	0.321016814	0.885507339

Fuente: elaboración propia con datos de: U. S. Department of Commerce, U. S. International Trade Commission. Noviembre, 2010.

## Resultados

Mediante el método de Markowitz, se corre el modelo tanto maximizando el rendimiento, como minimizando el riesgo, y se han obtenido los resultados expuestos en el cuadro 7.

La primera parte del cuadro 7 muestra cómo al asignarle al modelo un valor máximo para el riesgo, se observa que este no logró sobrepasar el 53%, el modelo arrojó un portafolio compuesto únicamente por nuestro activo más riesgoso, el tomate bola producido en invernadero. El 53% de riesgo que esta cartera posee, coincide con el 52.44% de riesgo que posee este producto por sí mismo. Es importante recordar que el modelo incluye algunas incógnitas y los errores generados por los decimales pueden ocurrir, además, el modelo ofrece soluciones posibles, no la solución óptima.

Por el contrario, al ajustar el riesgo a cero, se nota que el riesgo mínimo que podemos obtener con esta combinación de productos es de 34.87%. Si se observan los riesgos individuales de los productos, se advierte que el producto con el riesgo individual menor es el tomate cherry, con un riesgo de 35.45%. Lo anterior demuestra que el modelo, en efecto, minimiza el riesgo respecto a un producto individual y, por consecuencia, minimiza el riesgo del conjunto de productos.

Respecto al cuadro 7 de la rentabilidad de la cartera, se observa que los resultados son negativos, siendo el mayor -2.44% al calibrar el modelo a 100% y el más bajo -7.34% al cargar en el modelo una rentabilidad deseada de 35% o me-



Cuadro 7. Resultados riesgo/rentabilidad

Riesgo							
Ajuste	Riesgo-Port	Rentabilidad-Port	Inv	CCA	GCA	RCA	NCA
0	34.865994	-7.341198	-1.00E-06	74.171863	25.095055	0	0.7330832
10	34.865994	-7.341198	0	74.171866	25.095052	0	0.7330831
30	34.865994	-7.341198	0	74.171866	25.095052	0	0.7330831
34	34.865994	-7.341198	0	74.171864	25.095052	0	0.7330841
35	35.000001	-7.460386	0	86.998177	13.001823	0	0
36	36	-7.011494	10.033584	89.966416	0	0	0
37	37	-6.453615	21.015147	78.984853	0	0	0
45	45	-4.410144	57.308235	0	42.691765	0	0
50	45	-4.410144	57.308235	0	42.691765	0	0
55	53.036944	-2.441072	100	0	3.97E-15	0	0
100	53.036944	-2.441072	100	0	0	0	0
Rentabilidad							
0	68.265499	1.00E-06	6.8532481	0	0	36.966149	56.180603
0.1	85.164329	0.1	0	7.4608056	3.4981559	0	89.041038
0.2	85.799462	0.2	0	5.6459456	4.0267893	0.5824092	89.744856
0.3	86.498203	0.3	0	4.2973296	4.0676722	1.1437922	90.491206
0.5	87.423574	0.500001	2.5843654	2.5893068	2.5893078	0	92.237020
1	93.863688	1.000001	0	0.1047491	0.1047491	0.1047491	99.685753
2	94.101399	1.019621	0	0	0	0	100
5	94.101399	1.019621	0	0	0	0	100
20	94.101399	1.019621	0	0	0	0	100
30	94.101399	1.019621	0	0	0	0	100
100	94.101399	1.019621	-1.00E-06	0	0	0	100

Fuente: elaboración propia con información de Ochoa (2008) y Cruz, Restrepo y Sánchez (2005), Datos de: U. S. Department of Commerce, U. S. International Trade Commission, 10 de noviembre del 2010.

nor. El principio del modelo se encuentra en la diversificación, al contar con variedades del mismo producto. Respecto a los pesos de cada producto en el portafolio, se observa para valores bajos de riesgo, la cartera se compone de 74.2% de tomate cherry y el restante 26% por tomate Grape y Nesoi con 25.01% y 0.73% respectivamente. Para los valores intermedios, alrededor del 50%, la cartera de compone de 57.31% de tomate bola de invernadero y 42.69% de tomate grape; son estos el producto más riesgoso y el menos riesgoso de la cartera respectivamente.

El modelo se ha aplicado a una serie de veintidós variedades de tomate, los resultados se muestran en los cuadro 8 y 9, y en el cuadro 10 encontraremos la lista de abreviaturas y el producto que representan.

Cuadro 8. Variedades de tomate, minimización de riesgo

Ajuste	Riesgo Port	Rentabilidad Port	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
0	0.86	-0.06	0.96	3.41	0.84	2.44	9.94	2.57	5.04	9.94	10.2	9.94	0	9.94	9.72	3.42	9.93	1.10	0.01	4.97	0.01	1.70	0.57	3.34	
0.5	0.86	-0.06	0.95	3.40	0.84	2.45	9.94	2.58	5.05	9.94	10.3	9.94	0	9.94	9.70	3.40	9.92	1.10	0.01	4.97	0.01	1.70	0.57	3.35	
1	1	-0.16	0.45	2.66	0.46	1.92	7.88	1.86	3.83	7.74	7.75	7.74	0	7.70	10.4	5.62	9.75	3.72	0	7.14	0	4.26	3.37	5.80	
5	5	-0.87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.66	0	27.3	0	0	0	22.7	33.2	9.13	
10	10	-1.40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21.1	0	0	0	0	78.9	0	
20	20	-1.46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92.9	0
40	40	-1.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83.1	0
60	60	-1.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	74.0	0
80	80	-0.96	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.1	0
100	100	-0.80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56.2	0

Fuente: Elaboración propia con información de: U. S. Department of Commerce, U. S. International Trade Commission. Noviembre, 2010.

Cuadro 9. Variedades de tomate, maximización de la rentabilidad

Ajuste	Riesgo Port	Rentabilidad Port	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0	8.34	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0
7	8.34	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01	0	0	0
14	97.13	14	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	53.5	0.02	0.10	0.02	0.03	0.06	0.03	0.16	16.2	0.05	29.4	0.08	0.31	0.03
14.25	98.86	14.25	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	53.1	0.01	0	0.02	0.03	0.06	0.03	0.15	16.2	0.04	29.9	0.08	0.29	0.03
14.5	100	14.42	0	0	0	0	0	0	0	0	53.6	0	0	0	0	0	0	16.1	0	30.2	0	0	0	0
15	100	14.42	0	0	0	0	0	0	0	0	53.6	0	0	0	0	0	0	16.1	0	30.2	0	0	0	0
20	100	14.42	0	0	0	0	0	0	0	0	53.6	0	0	0	0	0	0	16.1	0	30.2	0	0	0	0
30	100	14.42	0	0	0	0	0	0	0	0	53.6	0	0	0	0	0	0	16.1	0	30.2	0	0	0	0
50	100	14.42	0	0	0	0	0	0	0	0	53.6	0	0	0	0	0	0	16.1	0	30.2	0	0	0	0
100	100	14.42	0	0	3.27	0	1.56	0	0	0	46.7	0	0	0	0	0	0	18.3	0	30.2	0	0	0	0

Fuente: elaboración propia con información de: U. S. Department of Commerce, U. S. International Trade Commission. Noviembre, 2010.



Al incorporar más productos al modelo, es más claro su funcionamiento y se observa la diversificación de la cartera al disminuir la tolerancia al riesgo. A pesar de ello, al llevar la tolerancia al 5% es evidente que las proporciones empiezan a concentrarse en unos cuantos productos y al alcanzar el 40% el portafolio solo está compuesto por dos productos. Estos son "Cartons 12 6-oz Cups with Lids-Tomate Cherry-New York" y "Flats 12 10-oz Containers with Lids-Tomate Grape Type-Seattle"; son el segundo y el cuarto producto los de mayor desviación estándar con 2.27% y 0.12% respectivamente. Si bien es cierto que son de los productos con el riesgo más alto dentro del grupo que compone el portafolio, también es cierto que las desviaciones son bajas, lo que los hace relativamente seguros.

Al maximizar el rendimiento, la combinación de productos que brindan el rendimiento máximo está compuesta por "Cartons 12 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-Baltimore", "Cartons 9 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-Boston" y "Cartons 9 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-New York". A diferencia del primer ejercicio, no es tan sencillo identificar al producto(s) con mayor riesgo o rentabilidad. Sin embargo, el modelo funciona y cumple su cometido, identificar el mejor grupo de productos en los cuales invertir.

Cuadro 10. Abreviaturas

Abreviatura	Producto	Abreviatura	Producto
1	10 lb Cartons-Tomate-Dallas	12	Cartons 12 8-oz Cups with Lids-Tomate Cherry-Baltimore
2	3 kg Cartons-Tomate Cherry-San Francisco	13	Cartons 8 12-oz Containers Film Wrapped-Tomate Cherry-New York
3	3 kg Cartons-Tomate Cherry-Toronto	14	Cartons 8 250-gm Cups with Lids-tomate Cherry-Baltimore
4	8 lb Flats-Tomate-Boston	15	Cartons 8 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-New York
5	Cartons 10 13-oz Cups with Lids-Tomate Cherry-Boston	16	Cartons 9 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-Baltimore
6	Cartons 12 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-Baltimore	17	Cartons 9 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-Boston
7	Cartons 12 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-New York	18	Cartons 9 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-Chicago
8	Cartons 12 340-gm Mesh Bags-Tomate Cherry-Baltimore	19	Cartons 9 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-New York
9	Cartons 12 6-oz Cups with Lids-Tomate Cherry-Baltimore	20	Cartons 9 250-gm Cups with Lids-Tomate Cherry-Philadelphia
10	Cartons 12 6-oz Cups with Lids-Tomate Cherry-Boston	21	Flats 12 10-oz Containers with Lids-Tomate Grape Type-Seattle
11	Cartons 12 6-oz Cups with Lids-Tomate Cherry-New York	22	Flats 12 12-oz Containers with Lids-Tomate Grape Type-Detroit

Fuente: elaboración propia.



## Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se comprueba que las variedades de tomate producidas bajo sistemas de invernadero son más rentables de acuerdo a su precio por kilogramo vendido. Si bien es cierto, también implica un riesgo más alto producirlas que aquellas variedades cultivadas bajo técnicas tradicionales, el riesgo no es significativo.

La aplicación del modelo de Markowitz al momento de seleccionar las variedades a cultivar por parte de los productores de tomate, así como al momento de planear sus cosechas, proporcionan información relevante y arroja elementos útiles para plantear estrategias de que permitan a la empresa, y a la industria nacional, fortalecerse y crecer.

Respecto a la identificación de los puntos de venta, variedades y presentaciones más rentables a producir, se concluye que aun cuando los resultados son claros, se detecta falta de información. En este sentido se requiere la recopilación de estadísticas más precisas, ya sea por parte de Sagarpa, o por el sistema producto tomate nacional que agremia a los productores.

## Bibliografía

- Avilés-Cano, M., A. González-Estrada y M. Martínez-Damián (2006) "Análisis de riesgo, portafolios óptimos y diversificación en la agricultura" en *Agrociencia*. Vol. 40, núm. 3, Colegio de Postgraduados, Texcoco, México.
- Borbón, C. y O. González (2009) *Estudio de mercado del tomate fresco para el tomate fresco de México a Estados Unidos y Canadá*. CIAD, Promexico (mimeo).
- Cook, R. y L. Calvin (2005) "Greenhouse Tomatoes Changes the Dynamics of the North American Fresh Tomato Industry" en *Economic Research Report*. Núm. 2.
- Cruz, T., J. Restrepo, y C. Sánchez (2005) "Portafolio de inversión en acciones optimizando" en *Scientia el technica*. Núm. 27, México, Grupo de Investigación Administración Económica y Financiera.
- Markowitz, H. (1952) "Portfolio Selection" en *The Journal of Finance*. Vol. 7.
- (1957) "The Elimination Form of the Inverse and Its Application to Linear Programming" en *Management Science*. Vol. 3.
- (1959) *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. Nueva York, John Wiley & Sons.
- Ochoa, S. (2008) *El modelo de Markowitz en la teoría de portafolios de inversión*. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional.
- Paz, S. (2004) *El nuevo enfoque: manejo integrado del riesgo agropecuario*. México, Oficina de Riesgo Agropecuario, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos.

