



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICO – ADMINISTRATIVAS

**EVALUACIÓN DEL RIESGO NO SISTÉMICO EN UN
PORTAFOLIO DE INVERSIÓN PARA HORTALIZAS EN
INVERNADERO**

TÉSIS PROFESIONAL

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE
LOS RECURSOS NATURALES**



UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA CHAPINGO
BIBLIOTECA DE
LA DICEA

PRESENTA:

T-2351

C.2

CHI CHAN MARIA TERESITA DE JESÚS



CHAPINGO, MÉXICO, JULIO DE 2009

DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

**EVALUACIÓN DEL RIESGO NO SISTÉMICO EN UN
PORTAFOLIO DE INVERSIÓN PARA HORTALIZAS EN
INVERNADERO**

TESIS REALIZADA POR LA LIC. MARIA TERESITA DE JESÚS
CHI CHAN, BAJO LA DIRECCIÓN DEL COMITÉ ASESOR
INDICADO, APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN ECONOMÍA AGRÍCOLA Y DE LOS
RECURSOS NATURALES**

HONORABLE JURADO EXAMINADOR

DIRECTOR:

DR. MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ

ASESOR:

DR. RAMÓN VALDIVIA ALCALÁ

ASESOR:

DR. ROBERTO CARVALLO GÁRNICA

AGRADECIMIENTOS

A LA UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO, POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE SEGUIRME SUPERANDO.

AL CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (CONACYT) POR EL APOYO ECONOMICO BRINDADO.

AL CONSEJO MEXIQUENSE DE CIENCIA Y TECNOLOGIA (COMECYT) POR EL APOYO ECONOMICO DADO.

AL DR. MARCOS PORTILLO VAZQUEZ, POR SER UN GRAN PROFESOR, POR SU AMISTAD Y POR SU APOYO.

AL DR. RAMON VALDIVIA ALCALA, POR LA CONTINUA LUCHA PARA MEJORAR EL POSGRADO Y POR SER UN BUEN EJEMPLO A SEGUIR.

AL DR. ROBERTO CARVALLO GARNICA, POR SU VALIOSO TIEMPO, POR SU CONFIANZA, POR ORIENTARME EN LA VIDA PERSONAL Y ACADEMICA Y POR TODO EL APOYO QUE ME HA BRINDADO.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

POR SU AMOR, POR ENSEÑARME A CRECER, POR ESTAR A MI LADO EN EL MOMENTO OPORTUNO; GRACIAS POR SER COMO SON.

A MI HIJA

ERES MI DÍA A DÍA; MI PRESENTE Y FUTURO, TU EXISTENCIA ME LLENA DE RIQUEZAS PORQUE TU ERES MI VALIOSO TESORO.

A MI ESPOSO

POR APOYARME PARA SEGUIR CRECIENDO Y SUPERAR CADA OBSTÁCULO; POR ENSEÑARME QUE SE SIGUE LUCHANDO PORQUE CADA DÍA SEA UN NUEVO AMANECER.

A MIS HERMANAS

QUE ME APOYARON INCONDICIONALMENTE, SIN EGOISMO Y POR COMPARTIR MIS DICHAS, MIS ANHELOS Y MIS LOGROS.

A MIS COMPAÑEROS

POR SU AMISTAD, APOYO, COMPRENSION E INFINITOS CONSEJOS QUE ME BRINDARON.

DATOS BIOGRAFICOS

MARIA TERESITA DE JESUS CHI CHAN

Originaria del Municipio de Hecelchakán, Campeche. Realizó y concluyó sus estudios profesionales en la Universidad Autónoma Chapingo, obteniendo el título de Licenciada en Administración de Empresas Agropecuarias (2001-2006).

Realizó sus estudios de Posgrado en la División de Ciencias Económicas-Administrativas de la Universidad Autónoma Chapingo (2007-2009), obteniendo el grado de Maestro en Ciencias en Economía Agrícola y de los Recursos Naturales.

EVALUACIÓN DEL RIESGO NO SISTÉMICO EN UN PORTAFOLIO DE INVERSIÓN PARA HORTALIZAS EN INVERNADERO.

EVALUATION OF THE NON SYSTEMIC RISK IN A BRIEFCASE OF INVESTMENT FOR VEGETABLES IN HOTHOUSE.

MARÍA TERESITA DE JESÚS CHÍ CHAN, TESISISTA. DR. MARCOS PORTILLO VÁZQUEZ, DIRECTOR DE TESIS

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue desarrollar un portafolio de inversión que permita diversificar el riesgo por concentración (no sistémico) para la producción de hortalizas de invernadero en México, así como determinar la composición del portafolio óptimo de varianza mínima para diferentes niveles de rentabilidad. Se utilizó la metodología del modelo básico de portafolios de Merton (1972) y Markowitz (1952) para el análisis de los datos del Índice Nacional de Precios pagados al Productor obtenidos en el Banco de México. Para obtener los resultados, se calculan las varianzas y las covarianzas de los precios de los productos agrícolas, así como los niveles de riesgo. Se calculó un portafolio eficiente de mínimo riesgo, cuyo rendimiento esperado es 3.48%, con un riesgo, medido con la Varianza, de 0.05%. Se calculó también la frontera de eficiencia, el portafolio óptimo que permite maximizar los rendimientos esperados (en términos de la tasa de crecimiento de los precios) para un nivel mínimo de riesgo y la línea de mercado de capitales. El modelo revela que en general las hortalizas aunque tiene mayor volatilidad para un cierto nivel de riesgo es la forma más eficiente para tener mayor rentabilidad. Por lo tanto, la Agricultura Mexicana requiere un esquema de diversificación con el propósito de enfrentar la volatilidad y el riesgo en las inversiones.

Palabras clave: Diversificación, factor de riesgo, frontera de eficiencia, portafolio eficiente de mínimo riesgo, línea de mercados de capitales.

SUMMARY

The objective of this investigation was to develop an investment briefcase that allows to diversify the risk for concentration (not systemic) for the production of hothouse vegetables in Mexico, as well as to determine the composition of the good briefcase of minimum variance for different levels of profitability. The methodology of the basic pattern of briefcases of Merton was used (1972) and Markowitz (1952) for the analysis of the data of the National Index of paid Prices to the Producer obtained in the Bank of Mexico. To obtain the results, the variances and the covariances of the prices of the agricultural products are calculated, as well as the levels of risk. An efficient briefcase of minimum risk was calculated whose prospective yield is 3.48%, with a risk, measured with the Variance, of 0.05%. It was also calculated the frontier of efficiency, the good briefcase that allows to maximize the prospective yields (in terms of the rate of growth of the prices) for a minimum level of risk and the line of market of capitals. The pattern reveals that in general the vegetables although he/she has bigger volatility for a certain level of risk it is the most efficient form to have bigger profitability. Therefore, the Mexican Agriculture requires a diversification outline with the purpose of facing the volatility and the risk in the investments.

Words key: Diversification, factor of risk, frontier of efficiency, efficient briefcase of minimum risk, line of markets of capitals.

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Objetivos	3
1.4 Hipótesis	4
Capítulo 2. Metodología	5
2.1 Planteamiento del problema de optimización.....	5
2.2 Búsqueda del conjunto de portafolios eficientes.....	8
2.3 Búsqueda del portafolio de tangencia.....	10
2.4 Conjunto de portafolios de varianza mínima.....	11
Capítulo 3. Revisión bibliográfica.....	13
3.1 Producción de hortalizas en México bajo agricultura protegida	13
3.2 Concentración de inversiones en producción de hortalizas bajo agricultura protegida.....	16
3.3 Preocupación de inversionistas por riesgo de concentración.....	21
3.4 Preocupación por riesgo asociado a volatilidad de variables macroeconómicas	21
3.5 Situación de las Hortalizas en México.....	22
Capítulo 4. Marco teórico	25
4.1 Rendimiento de portafolio.....	25
4.2 Riesgo de portafolio.....	27
4.3 Condiciones de diversificación.....	30
4.4 Metodología de selección de portafolio	34
4.5 Portafolio óptimo dentro de la frontera eficiente	37
4.6 Las claves de la inversión	41
4.7 Diversificación y formación de la cartera.....	43
4.8 Análisis para la diversificación y formación de la cartera	44
4.9 Los impresionantes efectos de la diversificación.....	45

4.10 Preferencias de los inversionistas	46
4.11 El Modelo del CAPM	50
4.12 El nuevo problema del portafolio con el CAPM	54
4.13 Métodos Alternativos de Medición de Riesgo	57
Capítulo 5. Análisis de los resultados.	63
5.1 Estimación de los modelos e interpretación de los resultados obtenidos	63
5.1.1 Datos del problema:	63
5.1.2 Los cultivos en el plano riesgo-rendimiento	64
5.1.3 Resultados del problema de optimización	66
5.1.4 Comportamiento de los escenarios	68
Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones	74
6.1 Conclusiones	74
6.2 Recomendaciones	76
Bibliografía	78
Anexo 1. Base de datos. Variación de precios del INPP del Banco de México (1993-2008)	82
Anexo 2. Matriz de Varianza y Covarianza de las 15 actividades productivas	88
Anexo 3. Datos del modelo de optimización para resolver a través de solver	89
Anexo 4. Formulas del modelo de optimización para resolver a través de solver	90

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales hortalizas de producción en invernadero.....	15
Cuadro 2. Superficie actual y en construcción de invernaderos.....	17
Cuadro 3. Parámetros estadísticos para 15 actividades productivas.....	64
Cuadro 4. Composición óptima del Portafolio de Mínima Varianza	66

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diversificación del riesgo de portafolios	31
Figura 2. Conjunto de oportunidades.....	35
Figura 3. Riesgo y rentabilidad	37
Figura 4. Frontera de eficiencia	38
Figura 5. Conjunto viable de oportunidades de inversión	39
Figura 6. El efecto de la diversificación	45
Figura 7. Curvas de utilidad para diferentes inversionistas	47
Figura 8. Preferencias de inversión y aversión al riesgo	49
Figura 9. Mercado de capitales	51
Figura 10. Línea del Mercado de Capitales, frontera eficiente y portafolio óptimo	57
Figura 11. Nivel de rentabilidad dado un nivel de riesgo (quince actividades agrícolas).	65
Figura 12. Frontera eficiente.....	67
Figura 13. Composición del portafolio de mínima varianza en el escenario 1.....	68
Figura 14. Composición del portafolio de mínima varianza en el escenario 2.....	70
Figura 15. Composición del portafolio de mínima varianza en el escenario 3.....	71
Figura 16. Portafolio de tangencia	73

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La baja rentabilidad del conjunto de las actividades agropecuarias en la década de los noventa disminuyó en gran medida la posibilidad de capitalización de las empresas. En la producción agrícola, la incertidumbre no depende sólo de los cambios en las variables macroeconómicas, sino también de los cambios en las condiciones meteorológicas y de la incidencia de plagas y enfermedades, entre otras. Por ello conviene hacer el análisis de riesgo de las actividades agrícolas, buscando incrementar el rendimiento de las utilidades esperadas, dado un nivel de riesgo.

Merton (1972) y Markowitz (1952) señalan 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. En México, instituciones como Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA), han promovido la diversificación productiva dentro de las unidades de producción agrícola con el fin de aumentar las ganancias esperadas para el mismo nivel de riesgo.

Uno de los motivos por el cual el sector ha resultado poco atractivo para los inversores locales es que éstos encuentran en los activos agropecuarios un bajo poder de diversificación con respecto a sus portafolios.

En la toma de decisiones sobre inversiones cada vez hay más alternativas con niveles de rentabilidad más competitivas y acompañadas con un mayor riesgo.

La diversificación en las inversiones facilita un manejo prudente frente al riesgo de la variabilidad en el retorno de la rentabilidad.

En el proceso decisorio por parte del inversionista es necesario evaluar si las decisiones tomadas en el manejo de los recursos financieros son las más indicadas.

El proceso de inversión en acciones es una labor difícil y compleja porque el retorno sobre la inversión está altamente correlacionada con el riesgo, y a mayores tasas de interés mayor será el riesgo.

En este trabajo, se presenta la metodología para evaluar en forma técnica la inversión en una acción, por lo que se toma un grupo de 15 hortalizas para conformar el portafolio de inversión que incluye las variables rentabilidad y riesgo, finalmente, se implementa el método de optimización conocido como varianza-covarianza.

1.2 Planteamiento del Problema

Durante los últimos cincuenta años se han desarrollado diferentes metodologías para la administración del portafolio de activos financieros:

- ❖ En 1952, Markowitz publicó su trabajo sobre la óptima selección de cartera, dando inicio a la teoría de administración de portafolio.
- ❖ La administración del portafolio de proyectos es importante para los accionistas de una empresa ya que permiten optimizar las inversiones realizadas en términos de riesgo vs. retorno, y definir así cuáles - y en qué

proporción - de los productos – nuevos o existentes - de la empresa son los que deben recibir la mayor atención.

¿Cuáles proyectos de nuevos productos debe financiar la empresa de entre los muchos que enfrenta? ¿Cuáles deben recibir la mayor prioridad y llegar antes al mercado?

Dentro del grupo de productos agrícolas analizados se observa:

- ❖ Crecimiento de la producción de hortalizas en México bajo agricultura protegida.
- ❖ Creciente concentración de inversiones en producción de hortalizas bajo agricultura protegida.
- ❖ Preocupación de inversionistas por riesgo de concentración.
- ❖ Preocupación por riesgo asociado a volatilidad de variables macroeconómicas.

1.3 Objetivos

- ❖ Desarrollar un portafolio de inversión que permita diversificar el riesgo por concentración (no sistémico) para producción de hortalizas en México.
- ❖ Determinar la composición del portafolio óptimo de varianza mínima para diferentes niveles de rentabilidad.

1.4 Hipótesis

- ❖ El portafolio de inversión de hortalizas a través de la diversificación permite en gran manera disminuir el riesgo, para un nivel de rentabilidad dado, sin embargo, como han demostrado varios estudios, la mayor parte de los agricultores no realizan diversificación alguna, pues llevan a cabo un proceso especializado en un solo cultivo. Peor aún, la mayoría de las actividades a las que se dedican se encuentran por debajo de la frontera de eficiencia.
- ❖ La búsqueda de un portafolio de inversión que permite diversificar el riesgo por concentración, para un nivel de mayor rentabilidad lleva consigo un mayor nivel de riesgo; sin embargo este nivel de riesgo asumido será aún menor al nivel de riesgo que se asume sin tomar en cuenta la diversificación.

CAPITULO 2. METODOLOGÍA

Con información del Índice Nacional de Precios pagados al Productor del Banco de México se desarrolló un modelo tipo Markowitz de programación cuadrática para 15 hortalizas; y se realizó un análisis de portafolio de inversión que permite maximizar rentabilidad y minimizar riesgo asociado a través de la diversificación.

2.1 Planteamiento del problema de optimización

La expectativa de rendimiento del portafolio es:

$$\tilde{r}_p = w_1 \tilde{r}_1 + w_2 \tilde{r}_2 + w_3 \tilde{r}_3 \dots w_{15} \tilde{r}_{15}$$

Donde:

$\tilde{r}_1, \tilde{r}_2, \dots, \tilde{r}_{15}$ = es la tasa esperada de rendimiento del activo 1, 2,..., 15, respectivamente.

$w_1, w_2, \dots, w_{15}$ = es la ponderación que el activo i tiene en el portafolio

$\tilde{r}_p$ = es la tasa esperada de rendimiento del portafolio compuesto por 15 activos, es un promedio ponderado de los rendimientos de todos sus componentes.

El resultado anterior puede obtenerse mediante una multiplicación vectorial:

$$\tilde{r}_p = W^T \bar{R}_l$$

Donde ahora W^T es el transpuesto del vector de las ponderaciones y $\bar{R}_l$ es el vector de las tasas esperadas de rendimiento del portafolio.

Es claro que la suma de las ponderaciones debe ser igual a la unidad, de manera que se puede definir como restricción del problema de selección de inversiones:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Otra restricción a considerar si la venta en corto no es factible o deseable, se debe agregar como restricción que todos los ponderadores deben ser no negativos, esto es:

$$w_i \geq 0 \quad i = (1, 2, \dots, n)$$

el cual se trata de la condición de no negatividad.

Por otra parte, la desviación estándar del portafolio se expresa como:

$$\begin{aligned} \sigma_p^2 = & w_1^2 \sigma_{11} + w_2^2 \sigma_{22} + w_3^2 \sigma_{33} + \dots + w_{15}^2 \sigma_{15,15} + 2w_1 w_2 \sigma_{12} + 2w_1 w_3 \sigma_{13} \\ & + 2w_2 w_3 \sigma_{23} + \dots + 2w_{14} w_{15} \sigma_{14,15} \end{aligned}$$

Min

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \sigma_p^2 = & \frac{1}{2} (w_1^2 \sigma_{11} + w_2^2 \sigma_{22} + w_3^2 \sigma_{33} + \dots + w_{15}^2 \sigma_{15,15} + 2w_1 w_2 \sigma_{12} + 2w_1 w_3 \sigma_{13} \\ & + 2w_2 w_3 \sigma_{23} + \dots + 2w_{14} w_{15} \sigma_{14,15}) \end{aligned}$$

$$\text{Sujeto a: } w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_{15} = 1$$

Se resuelve por medio del método de Lagrange, para lo cual se formula el Lagrangeano:

$$L = \frac{1}{2} (w_1^2 \sigma_{11} + w_2^2 \sigma_{22} + w_3^2 \sigma_{33} + \dots + w_{15}^2 \sigma_{15,15} + 2w_1 w_2 \sigma_{12} + 2w_1 w_3 \sigma_{13} + 2w_2 w_3 \sigma_{23} + \dots + 2w_{14} w_{15} \sigma_{14,15}) + \lambda (1 - w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_{15})$$

Se resuelve la condición de primer orden para un extremo:

$$\frac{\partial L}{\partial w_1} = w_1 \sigma_{11} + w_2 \sigma_{12} + w_3 \sigma_{13} + \dots + w_{15} \sigma_{1,15} + \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_2} = w_1 \sigma_{21} + w_2 \sigma_{22} + w_3 \sigma_{23} + \dots + w_{15} \sigma_{2,15} + \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_3} = w_1 \sigma_{31} + w_2 \sigma_{32} + w_3 \sigma_{33} + \dots + w_{15} \sigma_{3,15} + \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_{15}} = w_1 \sigma_{15,1} + w_2 \sigma_{15,2} + w_3 \sigma_{15,3} + \dots + w_{15} \sigma_{15,15} + \lambda = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = 1 - (w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_{15}) = 0$$

Este sistema puede representarse mediante el álgebra de matrices como:

$$V_1 W_1 = B_1$$

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdot & \cdot & \sigma_{115} & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdot & \cdot & \sigma_{215} & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \sigma_{151} & \sigma_{152} & \cdot & \cdot & \cdot & \sigma_{1515} \\ 1 & 1 & \cdot & \cdot & \cdot & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$V_1 \quad W_1 \quad = \quad B_1$$

El vector de incógnitas se obtiene:

$$W_1 = V_1^{-1} B_1$$

2.2 Búsqueda del conjunto de portafolios eficientes.

Los portafolios eficientes son aquellos que tienen varianza mínima para una tasa esperada de rendimiento dada, tal que sea superior a la que corresponde a la del portafolio de varianza mínima global. El problema de optimización es ahora:

$$\begin{aligned} \text{Min} \quad \frac{1}{2} \sigma_p^2 = \frac{1}{2} (w_1^2 \sigma_{11} + w_2^2 \sigma_{22} + w_3^2 \sigma_{33} + \dots + w_{15}^2 \sigma_{15,15} + 2w_1 w_2 \sigma_{12} + \\ 2w_1 w_3 \sigma_{13} + 2w_2 w_3 \sigma_{23} + \dots + 2w_{14} w_{15} \sigma_{14,15}) \end{aligned}$$

Sujeto a:

$$w_1 \tilde{r}_1 + w_2 \tilde{r}_2 + w_3 \tilde{r}_3 + \dots + w_{15} \tilde{r}_4 = \tilde{r}_p$$

$$w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_{15} = 1$$

El lagrangeano se formula como:

$$\begin{aligned}
 L = & \frac{1}{2} (w_1^2 \sigma_{11} + w_2^2 \sigma_{22} + w_3^2 \sigma_{33} + \dots + w_{15}^2 \sigma_{15,15} + 2w_1 w_2 \sigma_{12} \\
 & + 2w_1 w_3 \sigma_{13} + 2w_2 w_3 \sigma_{23} + \dots + 2w_{14} w_{15} \sigma_{14,15}) \\
 & + \lambda_1 [\bar{r}_p - (\tilde{r}_1 w_1 + \tilde{r}_2 w_2 + \tilde{r}_3 w_3 + \dots + \tilde{r}_{15} w_{15})] \\
 & + \lambda_2 [1 - (w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_{15})]
 \end{aligned}$$

La condición de primer orden para un problema de optimización con dos restricciones es:

$$\frac{\partial L}{\partial w_1} = w_1 \sigma_{11} + w_2 \sigma_{12} + w_3 \sigma_{13} + \dots + w_{15} \sigma_{1,15} + \lambda_1 \tilde{r}_1 + \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_2} = w_1 \sigma_{21} + w_2 \sigma_{22} + w_3 \sigma_{23} + \dots + w_{15} \sigma_{2,15} + \lambda_1 \tilde{r}_2 + \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_3} = w_1 \sigma_{31} + w_2 \sigma_{32} + w_3 \sigma_{33} + \dots + w_{15} \sigma_{3,15} + \lambda_1 \tilde{r}_3 + \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_{15}} = w_1 \sigma_{15,1} + w_2 \sigma_{15,2} + w_3 \sigma_{15,3} + \dots + w_{15} \sigma_{15,15} + \lambda_1 \tilde{r}_{15} + \lambda_2 = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_1} = w_1 \tilde{r}_1 + w_2 \tilde{r}_2 + w_3 \tilde{r}_3 + \dots + w_{15} \tilde{r}_{15} - \tilde{r}_p = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_2} = w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_{15} \tilde{r}_{15} - 1 = 0$$

Este sistema puede representarse mediante el álgebra de matrices como:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{115} & \tilde{r}_1 & 1 \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{215} & \tilde{r}_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \sigma_{151} & \sigma_{152} & \dots & \sigma_{1515} & \tilde{r}_{15} & 1 \\ \tilde{r}_1 & \tilde{r}_2 & \dots & \tilde{r}_{15} & 0 & 0 \\ 1 & 1 & \dots & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ \lambda_1 \\ \lambda_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ \tilde{r}_p \\ 1 \end{bmatrix}$$

$V_2 \qquad \qquad W_2 \qquad = \qquad B_2$

Se resuelve el vector incógnita del problema haciendo:

$$W_2 = V_2^{-1} B_2$$

2.3 Búsqueda del portafolio de tangencia

Para encontrar el portafolio de tangencia se plantea el sistema siguiente:

$$\begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1} & \sigma_{n2} & \dots & \sigma_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ \vdots \\ Z_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 - r_f \\ r_2 - r_f \\ \vdots \\ r_n - r_f \end{bmatrix}$$

S

Z

R

Donde S es la matriz de varianzas y covarianzas y el vector R es un dato del problema puesto que se conoce las tasas esperadas de rendimiento de los n activos y también la tasa de rendimiento del activo libre de riesgo (r_f). El vector Z constituye la incógnita que se resuelve mediante:

$$Z = S^{-1} R$$

La tasa de rendimiento esperada para el portafolio de tangencia es:

$$r_{pT} = W^T R_i W.$$

Y la varianza de este portafolio es:

$$\sigma_{pT}^2 = W^T S W.$$

La desviación estándar del portafolio de tangencia es

$$\sigma_{pT} = \sqrt{\sigma_{pT}^2}.$$

La pendiente de la línea LMC es:

$$\theta = \frac{\sigma_{pT}^2 - r_f}{\sigma}$$

2.4 Conjunto de portafolios de varianza mínima

1. Con los vectores W y la matriz S se calcula la varianza de un portafolio arbitrario, es decir, los componentes de W son arbitrarios. Para lo cual se hace:

$$\sigma_{pT}^2 = W^T S W$$

Se encuentra el portafolio de varianza mínima global mediante SOLVER:

2. Ir a "herramientas", "Solver" y operar en la ventana de esta manera:
3. "Celda objetivo": es la celda donde está la fórmula la varianza del portafolio.
4. "Valor de la celda objetivo": se marca la opción de "mínimo".
5. "Cambiano las celdas": indicar las celdas donde se encuentran los valores de los ponderadores.
6. "Sujeta a las siguientes restricciones": indicar que la suma de los ponderadores debe ser igual a la unidad.
7. En "opciones": marcar asumir no negativos.
8. Oprimiendo "resolver": el programa modifica los valores del vector W tal que se cumplen con los objetivos y las restricciones y calcula la varianza correspondiente.
9. Haciendo la siguiente multiplicación se tiene la tasa esperada de rendimiento que corresponde a ese portafolio.

$$\widehat{r_{pm}} = W^T \widetilde{R}_t$$

Para encontrar un conjunto de portafolios que cumplen con la condición de tener varianza mínima para tasas dadas de rendimiento esperado, se repite el procedimiento anterior, pero se agrega como restricción en el paso 6, que la tasa de rendimiento sea un valor especificado cualquiera.

CAPITULO 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Producción de hortalizas en México bajo agricultura protegida

En México, a diferencia de Estados Unidos y Canadá, el sector agrícola bajo sistemas de invernadero continúa en su etapa de expansión, con proyectos de invernaderos que van desde el uso de baja tecnología hasta los de alta tecnología, razón por la cual es importante comprender qué está sucediendo en esta rama de la producción y cuáles son sus tendencias en el ámbito nacional e internacional.

Entre las ventajas que presenta el uso de la agricultura protegida, destacan la intensificación de la producción, posibilidad de cultivar todo el año, obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas, fuera de temporada, productos de alta calidad; aumento de rendimientos por unidad de superficie, menor riesgo en la producción y por el uso más eficiente del agua e insumos. Durante la temporada de invierno sólo existe producción de hortalizas en campo en Sinaloa, México (principalmente tomate) y en Florida, EUA.

Esta situación les permite acceder al mercado cuando los precios en EUA y México son más elevados— el clima benigno de otoño e invierno en México, posibilita la producción de hortalizas en invernadero a costos más competitivos, utilizando estructuras simples, de tecnología baja y malla-sombra, sin incurrir en el uso de calefacción, equipos y estructuras especiales que conllevan mayores niveles de inversión.

Es importante mencionar que, los precios de las hortalizas de invernadero en México - no obstante su producción bajo ambiente controlado o semicontrolado- son fuertemente influenciados por los volúmenes de producción generados en campo, y éstos a su vez por factores climáticos.

Los productores mexicanos de hortalizas bajo invernadero enfrentan algunas desventajas respecto de la competencia que implica Canadá, Estados Unidos y otros países desarrollados. Entre ellas destaca el limitado acceso a fuentes de capital y los costos de energía más elevados, en especial en invernaderos de alta y media tecnología.

El crecimiento de esta modalidad de producción se ha incrementado de manera muy importante, ya que mientras en 1999 se tenían en producción 721 hectáreas, para el año 2008, la extensión se incrementó a 9,068 hectáreas. La diferencia de producir a cielo abierto y en agricultura protegida es de 40 a 500 toneladas por hectárea. Se genera aproximadamente 8,800 empleos directos y 20,000 indirectos por agricultura protegida. (SAGARPA, 2009).

Aunque el mercado de invernaderos podría abarcar a todos los cultivos, las mayores oportunidades se encuentran en las regiones donde predomina la agricultura de riego, y los principales cultivos son hortalizas y frutales. La mayor parte de las regiones donde predominan estos cultivos, se concentran en la región noroeste del país, principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Baja California Sur, Baja California Norte, y Jalisco. En segundo lugar le sigue

la zona centro y recientemente se ha iniciado y está creciendo rápidamente el cultivo de hortalizas de invernadero en el norte (Chihuahua) y en Yucatán.

En el cultivo de hortalizas y frutales, la superficie sembrada representa cerca del 9%; sin embargo, el valor de la producción fue del 35 % del valor total de la producción agrícola. Por otra parte los cultivos de cereales y forraje ocuparon un 67% de la superficie cosechada, siendo únicamente su valor el 38% del total de la producción agrícola. Debido a esto, el gobierno mexicano, tiene especial interés en realizar una reconversión productiva, promoviendo el cultivo de hortalizas y frutas (Guantes, 2006).

Las principales hortalizas que se cultivan bajo invernaderos, son tomate, pimiento y pepino. En el cuadro 1, se puede encontrar información sobre la evolución de la superficie cosechada de los diferentes cultivos con esta técnica:

Cuadro 1. Principales hortalizas de producción en invernadero

Cultivo	2003-2004	2004-2005
Tomate bola	27%	49%
Tomate cherry	30%	18%
Tomate en racimo	9%	5%
Otros tomates	6%	1%
Pepino	11%	12%
Pimientos colores	11%	11%
Melón	1%	—
Otros varios	5%	4%
TOTAL	100%	100%

Fuente: Guantes, 2006.

Holanda, España e Israel se han constituido como los principales países productores de hortalizas de invernadero, dominando de forma clara el mercado europeo. Asimismo, Canadá también ha incrementado de manera significativa esta actividad, penetrando con éxito en el mercado estadounidense. Este mercado, es el principal destino de las hortalizas producidas en México y allí se dirigen el 85% de este tipo de exportaciones, seguido de Canadá con un 12%.

El volumen de exportación de México creció en los últimos años a una tasa de 7.88% anual y el valor de la exportación tuvo un crecimiento del 5%. Esto es debido a que la horticultura de México tiende a la subvaluación, es decir, cada vez se exporta más pero más barato.

3.2 Concentración de inversiones en producción de hortalizas bajo agricultura protegida

El desarrollo de la industria de producción de invernaderos en México comenzó en los 70's, pero ha sido en los últimos diez años cuando el crecimiento en su producción se ha acelerado en gran medida. En principio se establecieron proyectos cerca de zonas costeras, con muy baja tecnología, utilizando sólo cubiertas de plástico o mallas sombra. Posteriormente se han ido desarrollando proyectos con mayores tecnologías, en áreas con climas más extremos, por lo que han necesitado ser dotados con equipos de calefacción, riego y sistemas de control.

Actualmente, existen proyectos en todos los niveles tecnológicos, distribuidos prácticamente por todo el territorio de la nación. Si se considera que un invernadero con un nivel de tecnificación del 100%, incluye: irrigación,

recirculación, ventilación automática, calefacción con agua caliente, pantallas (térmicas/ahorro de energía), sensores/ control con computadora, sustratos/hidroponía, etc. El nivel de tecnología promedio estimado para México es del 40%.

La superficie ocupada por invernaderos en México no es muy elevada si se compara con países como España, pero se está dando un gran crecimiento en los últimos años. Como ya se ha mencionado actualmente está en torno a las 9,068 hectáreas a mediados de 2009 (Ver cuadro 2).

Cuadro 2. Superficie actual y en construcción de invernaderos

ESTADO	OPERANDO (HAS)	EN CONSTRUCCION (HAS)	ESTADO	OPERANDO (HAS)	EN CONSTRUCCION (HAS)
AGS	17.1	3.4	MORELOS	742.6	148.5
BCN	711.2	142.2	NAYARIT	42.8	8.6
BCS	862.5	172.5	NUEVO LEON	2.9	0.6
CAMPECHE	2.9	0.6	OAXACA	8.6	1.7
CHIAPAS	71.4	14.3	PUEBLA	114.2	22.8
CHIHUAHUA	185.6	37.1	QUERETARO	207.1	41.4
COAHUILA	17.1	3.4	QUINTANA ROO	114.2	22.8
COLIMA	228.5	45.7	SINALOA	1,656.5	331.3
DF	91.3	18.3	SLP	228.5	45.7
DURANGO	157.1	31.4	SONORA	171.4	34.3
GUANAJUATO	142.8	28.6	TABASCO	2.9	0.6
GUERRERO	8.6	1.7	TAMAULIPAS	57.1	11.4
HIDALGO	57.1	11.4	TLAXCALA	5.4	1.1

JALISCO	1,113.9	222.8	VERACRUZ	57.1	11.4
MEXICO	1,589.7	317.9	YUCATAN	122.8	24.6
MICHOACAN	171.4	34.3	ZACATECAS	105.7	21.1
	TOTAL			9,068.0	1,813.6
Nota: Los datos en construcción son datos estimados para el 2009 y 2010.					

Fuente: Elaboración propia.

Los mejores precios de las hortalizas en la temporada de invierno, la expansión de la producción de hortalizas en invierno (de campo e invernadero) han propiciado que el precio de éstas se mantenga en algunos casos sin incrementos, o incluso se vea reducido. Se estima que, mientras la producción de hortalizas en invernadero se siga incrementando, los precios continuarán a la baja.

Esta situación afecta tanto a los productores de hortalizas en campo del estado de Sinaloa en México, como a los de Florida en Estados Unidos, e incluso a los productores bajo sistema de invernadero, ya que los obliga a ser más eficientes y competitivos, tanto en costos, como en calidad.

Adicionalmente, los estudios consultados (Guañes J., 2006, Cook R. y Calvin L., 2005) señalan que los comercializadores norteamericanos perciben inconsistencias e incluso baja calidad en las hortalizas de invernadero procedentes de México (principalmente tomate); razón por la que en general éstas cotizan más bajo respecto de las provenientes de otros países.

El mercado de los productos de invernadero es un mercado de calidad, por lo que los productores mexicanos deberán implementar medidas que posicionen sus productos como de alta calidad.

Las inversiones en el sector de los invernaderos están alcanzando su nivel máximo, los datos indican que, a pesar de la crisis, durante 2008 se observó un crecimiento del 19% en la superficie de tomates, mientras que el pimiento aumentó en 35% y los pepinos bajo agricultura protegida crecieron un 29%. Estos datos de consultores especializados revelan que a pesar de la crisis financiera y el alza de los precios de los insumos, la producción intensiva está al alza.

Por ejemplo, la asociación de horticultura protegida (AMHPAC) indica en su reporte del inventario de invernaderos que los estados con mayor superficie son los del eje Oeste — Baja California Norte y Sur, Sonora, Sinaloa y Jalisco, que en conjunto representan una superficie de más de 4,515 ha de invernaderos de baja tecnología; mientras que en el eje del Este, se encuentran Chihuahua, Nuevo León, Coahuila, Zacatecas, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Querétaro y México, sumando 2,650 ha de invernaderos con empleo de tecnologías más eficientes que generan mayores rendimientos.

Haciendo un recorrido por los estados del eje Este, encontramos que durante el 2008 se ubicaron nuevos proyectos en Nuevo León, Coahuila, Chihuahua, Guanajuato, Querétaro y México, con inversiones que alcanzaron 85 millones de dólares, aplicados en la creación de nuevas empresas y en ampliación de empresas exitosas.

Entre los proyectos ubicados en estas regiones, destacan las de empresarios del acero y la construcción en Nuevo León, Coahuila y Chihuahua; o bien las ampliaciones de superficie de los mayores productores agroindustriales de Guanajuato y el Estado de México, y finalmente la entrada al mercado de empresarios textiles y de productos químicos como principales accionistas del parque agroindustrial Agropark de Querétaro. En todos estos proyectos, sin duda el objetivo es lograr una mayor productividad para reducir el impacto del tremendo incremento en el costo de combustibles, fertilizantes e insumos especializados.

En opinión de los consultores especializados, la consolidación de embarques que se viene realizando desde hace *por lo menos cinco años, ha generado que* México pase a ocupar el liderazgo en la producción de invernaderos en Norteamérica, superando a Canadá y Estados Unidos, debido a factores asociados a las ventajas del clima y la diversificación de productos y zonas productoras.

De manera general, se estima que la producción de tomates de invernadero de México suma un volumen mayor a 300,000 toneladas, de las cuales el 85% se destina a las exportaciones. De este volumen, los productores del eje Este, agrupados en el GIAT (Grupo de invernaderos de alta tecnología) aportan por lo menos 120,000 toneladas, con una superficie de 350 has, que les da un promedio de producción de 342 toneladas de tomate por hectárea. La influencia de este grupo en la producción y la consolidación de embarques, esta permeando hacia grupos de pequeños productores con muy buenos resultados.

3.3 Preocupación de inversionistas por riesgo de concentración

La infraestructura de invernaderos en México, ha tenido un gran crecimiento y en su implementación, participan agricultores y empresarios convencidos de las ventajas de este tipo de producción como una alternativa para invertir.

En 1990 había aproximadamente 50 has, con algún tipo de producción de vegetales bajo invernadero, en 2001 se elevó a 950 y ahora suman alrededor de 9,068 has; con una diversificación de cultivos, de acuerdo a la Asociación Mexicana de Productores de Hortalizas en Invernadero (AMPHI).

Existen proyectos en casi todo el país y todas las condiciones ambientales, entrando México en una etapa relativamente tardía, por lo que nos estamos beneficiando de la experiencia que hay en el mundo; para el desarrollo de esta tecnología.

Actualmente, no se cuenta con una estadística oficial sobre las has de invernadero en construcción, pero se estima que para principios del 2009, habrá cerca de 10,881 has en total.

Según datos recabados entre los productores, el tomate ocupa el 70 % del volumen producido en invernadero, el pepino 10 %, el pimiento un 5 % y otros cultivos concentran un 15 %.

En 1998 el tomate de invernadero representaba un 4 %. De la venta de tomate fresco a los Estados Unidos y hoy se calcula en más del 50 %.

3.4 Preocupación por riesgo asociado a volatilidad de variables macroeconómicas

La volatilidad de precios en el mercado de hortalizas es considerable, especialmente entre los productos de mayor valor de mercado. Los precios promedio al consumidor mensuales de las principales centrales de abasto del país muestran variaciones recurrentes y pronunciadas que no sólo corresponden a la estacionalidad del producto, sino también a otros factores que catalizan estos movimientos como consecuencia de choques exógenos (variaciones en inventarios internacionales, y factores relacionados con la alteración del equilibrio de oferta y demanda mundiales como pérdidas de cosechas de países productores a causa de sequías, plagas, enfermedades, etc.). Por ello, la necesidad de realizar un análisis de estos riesgos (Financiera Rural, 2008).

3.5 Situación de las Hortalizas en México.

México se ha convertido en un dinámico país exportador de frutas y hortalizas dirigidas hacia EUA. Las hortalizas mexicanas son un gran éxito y las frutas no se quedan atrás.

Por muchos años, México ha sido el mayor proveedor de hortalizas para EUA. En 2006, México suplió el 65% de las hortalizas importadas en EUA. Este porcentaje ha sido constante en los últimos tres años. De acuerdo a estudios conducidos por el Departamento de Agricultura de EUA, (USDA, por sus siglas en inglés) el abastecimiento de un gran número de hortalizas provenientes de México se ha más que duplicado en los pasados 15 años, y en el caso del pimiento morrón fresco, casi triplicado.

Mientras que muchas de las hortalizas están disponibles durante todo el año, el punto de mayor suministro es aproximadamente entre noviembre y mayo. México es el mayor proveedor de un sinnúmero de hortalizas, incluyendo ejote (90% de importaciones estadounidenses en 2006), coles de Bruselas (97%), col (68%) pepinos (78%), berenjena (84%), cebolla (67%), pimiento morrón (56%), chiles (99%) y tomates (74%). Además, México es el segundo mercado de exportación más importante para hortalizas.

Ejemplo de la presencia de México en el ámbito internacional se ve en eventos internacionales. Entre los más importantes se encuentra Fresh Summit, la Exposición y Convención Internacional de la PMA (Produce Marketing Association), donde cientos de empresas mexicanas participan cada año. La mayoría de esta participación es apoyada por ASERCA, rama de SAGARPA. Exhibiéndose bajo el sello MexBest, su espacio en la exposición ha incrementado de 10 stands en el 2001 a 110 stands en el 2006, ocupando el centro de la sala de exposición. Miembros del PMA en México tienen acceso a una lista de compradores y proveedores, al igual que a una gran gama de información sobre la industria¹.

MexBest es la imagen institucional creada por la SAGARPA para presentar y promover los productos agroalimentarios del campo mexicano, existen actualmente 245 empresas dedicadas a la exportación de hortalizas, las cuales

¹ <http://www.hortalizas.com/noticias/?storyid=1147> consultada el 29 de Mayo de 2009.

se encuentran ubicadas principalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Jalisco y Guanajuato².

La producción de tomate en invernadero, incluyendo diversas tecnologías de agricultura protegida es, sin lugar a dudas, una de las oportunidades de inversión más rentables y de mayor futuro en México. Sin embargo, un proyecto de inversión en esta línea, indudablemente ganadora, debe contener todos los elementos que el exigente mercado internacional está fijando para retribuir con los precios adecuados los productos de esta actividad (FOCIR, 2007).

² www.uaaan.mx/academic/Horticultura/.../Ponencia_04.pdf consultada el 29 de Mayo de 2009.

CAPITULO 4. MARCO TEÓRICO

4.1 Rendimiento de portafolio

El estudio sistemático de la diversificación del riesgo surgió hace relativamente poco tiempo. Apenas en la década de 1950, Harry M. Markowitz comenzó el estudio disciplinado de la forma en la que un inversionista selecciona los instrumentos en los que invierte sus recursos dado un perfil de rendimiento y riesgo.

La teoría de Markowitz – también conocida como Teoría Moderna de Portafolios o MPT (por las siglas en inglés de Modern Portfolio Theory) – representa uno de los pilares de la corriente principal del pensamiento de la economía financiera actual.

De acuerdo con esta teoría, el rendimiento de un instrumento de inversión es el nivel esperado de utilidad de dicha inversión, esto es, la recompensa por haber invertido en tal instrumento. No obstante, como se explicó, en la gran mayoría de los casos existe un rango de resultados posibles para el rendimiento, lo que significa que toda inversión tiene un determinado nivel de riesgo.

La MPT propone una diversificación eficiente, esto es, la combinación de instrumentos de inversión que tengan poca relación entre sí en un portafolio de inversiones, de modo que se reduzca el riesgo al mínimo posible sin alterar el rendimiento esperado; o bien, que se maximice el rendimiento esperado sin incrementar el riesgo. El riesgo de una inversión tiene dos componentes:

- ✓ El riesgo específico (o diversificable) que es exclusivo de cada instrumento y

- ✓ El riesgo de mercado (o no diversificable) que proviene de las variaciones de mercado en su conjunto y que afecta –en mayor o menor medida– a todos los activos.

Factores tales como la naturaleza del negocio del emisor, su nivel de endeudamiento o la liquidez en el mercado de sus acciones son ejemplos de fuentes del riesgo diversificable.

Por otra parte, las fuentes de riesgo no diversificable pueden ser factores de mercado como la inflación, la situación económica general y las tasas de interés. Todos estos factores afectan a todos los activos.

Un inversionista está en posibilidades de eliminar el riesgo específico manteniendo un portafolio bien diversificado, sin tener que sacrificar sus rendimientos esperados. Sin embargo, el inversionista no puede reducir el riesgo de mercado, ya que este afecta a todos los instrumentos dentro del portafolio de una forma u otra y en diferentes grados.

Rendimiento Esperado de Portafolios

El rendimiento de un portafolio es simplemente el promedio ponderado de los rendimientos de los instrumentos de inversión que lo integran:

$$E(k_p) = \sum_{i=1}^n (w_i)(E(k_i))$$

Donde;

$E(k_p)$ = Tasa de rendimiento esperada del portafolio.

w_i = Porción del portafolio invertida en el activo i .

$E(k_i)$ = Rendimiento esperado del i -ésimo activo.

n = Número de activos en el portafolio.

4.2. Riesgo de portafolio

A diferencia del rendimiento esperado de un portafolio, el riesgo de dicho portafolio (v.g. la desviación estándar del rendimiento del portafolio o σ_p) por lo general es distinto al promedio ponderado de las desviaciones estándar de los instrumentos individuales que se encuentran dentro del portafolio. Asimismo, la aportación de cada instrumento particular a la desviación estándar total del portafolio es diferente a $\sum(w_i)(\sigma_i)$. La razón es que la correlación entre los rendimientos de los instrumentos debe considerarse para calcular la desviación estándar del portafolio. El coeficiente de correlación (que se denota por la letra griega "rho" o ρ) es una medida estadística de la relación entre dos series de datos (p.e. los rendimientos de dos acciones), la cual puede tomar valores desde -1.0 , para la correlación perfectamente negativa, hasta $+1.0$, para la correlación perfectamente positiva (v.g. $-1.0 \leq \rho \leq +1.0$). En teoría, sería posible construir un portafolio sin riesgo (v.g. $\sigma_p = 0$ por ciento) a partir de instrumentos con un coeficiente de correlación perfectamente negativo. Si dos acciones tienen un coeficiente de correlación perfectamente negativo, el riesgo puede ser eliminado completamente, en tanto que si la correlación es perfectamente

positiva y el mercado no permite la "venta en corto", la diversificación no ayuda a reducir el riesgo del portafolio (Villareal 2008).

Medidas Específicas de Riesgo de Portafolios

Otras medidas de riesgo diferentes a la desviación estándar son el coeficiente de variación y la semivarianza. Pese a esto, la desviación estándar de los rendimientos del portafolio es más frecuentemente utilizada que las otras dos medidas. Sin embargo, es pertinente aclarar que la desviación estándar de un portafolio no es el promedio ponderado por la proporción de los recursos invertidos en cada activo de las desviaciones estándar de los activos individuales. Esto es, la desviación estándar de un portafolio debe considerar la variabilidad de los rendimientos de los activos que integran dicho portafolio, pero de manera muy importante la correlación de los rendimientos de dichos activos.

Covarianza y Correlación

La covarianza es una medida del grado de asociación entre dos variables como, por ejemplo, los rendimientos de dos acciones. La covarianza de dos acciones X y Y se calcularía como:

$$Cov_{xy} = \sum_{i=1}^n (k_{xi} - E(k_x))(k_{yi} - E(k_y))P_i$$

Donde:

Cov_{xy} = Covarianza de los rendimientos del activo X con respecto a los del activo Y (y viceversa).

$(k_{xi} - E(k_x))$ = Desviación del rendimiento de la acción X con respecto a su valor esperado para cada observación.

$(k_{yi} - E(k_y))$ Desviación del rendimiento de la acción Y con respecto a su valor esperado para cada observación.

P_i = Probabilidad de ocurrencia del escenario i.

Como la covarianza no es un término estandarizado, su interpretación resulta un tanto difícil. En consecuencia, se ha desarrollado una medida estadística análoga para calcular el movimiento conjunto de dos variables en términos estandarizados: el coeficiente de correlación (ρ), que se explicaba en párrafos anteriores. Este coeficiente se determina como:

$$\rho_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

ρ_{xy} = Correlación de los rendimientos de X y Y.

Cov_{xy} = Covarianza de los rendimientos del activo X con respecto a los del activo Y.

σ_x = Desviación estándar de los rendimientos del activo X.

σ_Y = Desviación estándar de los rendimientos del activo Y.

Para el caso de los activos A y B su correlación es de -1.0, esto es, un coeficiente de correlación perfectamente negativo.

4.3 Condiciones de diversificación

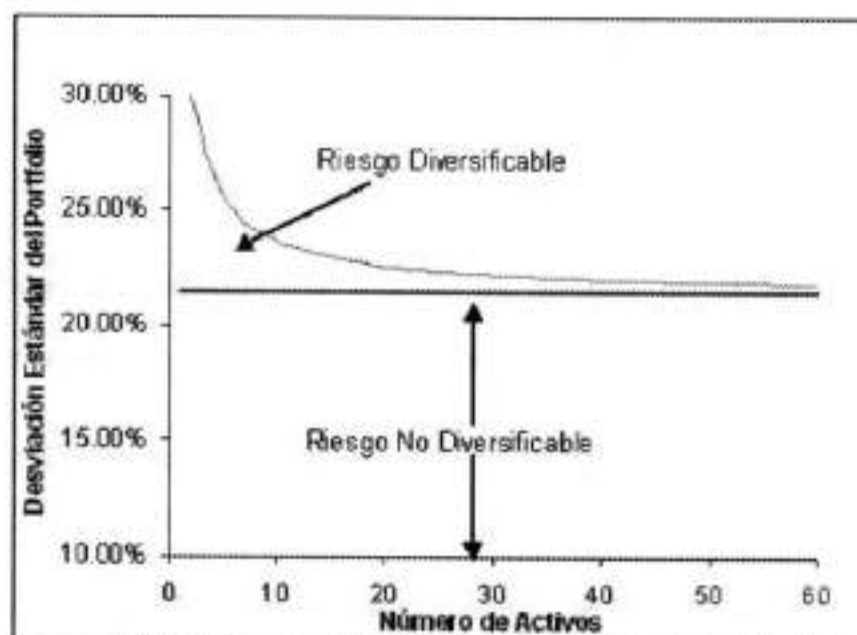
Un principio básico de las inversiones es la conformación de portafolios (o carteras) con fines de diversificación. En un momento dado, los inversionistas mantienen de forma simultánea un conjunto de activos que conforman su portafolio de inversión. Un principio básico en las finanzas es que un inversionista no debería colocar todos sus recursos en un solo activo o en un número relativamente pequeño de activos, sino en un número grande de instrumentos de inversión. De este modo los posibles malos resultados en ciertos activos se verían compensados por los buenos resultados de otras.

La diversificación le permite al inversionista disminuir el riesgo de su portafolio sin sacrificar rendimientos o, alternativamente, aumentar el rendimiento de su portafolio sin incrementar su riesgo. Desde luego, la diversificación no garantiza ganancias bajo cualquier circunstancia, pero ayuda a amortiguar la variabilidad de los rendimientos de los activos individuales.

Aunque el principio de la diversificación lo saben y aplican la mayoría de los inversionistas, hasta hace relativamente pocos años se hacía de forma intuitiva o "ingenua"; no había un método para realizar una diversificación de manera sistemática. Esta diversificación ingenua se basa en el principio de que un mayor número de activos tiende a disminuir el riesgo del portafolio; pero en la

selección de estos activos no se realiza mayor análisis de su comportamiento individual y conjunto, simplemente se seleccionan de una manera informal. El efecto de la diversificación ingenua se muestra en la Figura 1, en donde se observa que el riesgo disminuye a medida en que se agregan un mayor número de activos al portafolio de inversión.

Figura 1. Diversificación del riesgo de portafolios



Fuente: Villarreal Samaniego, J.D. Administración Financiera II, 2008

En un principio, la disminución del riesgo es considerable, lo que se aprecia en la fuerte pendiente negativa en la curva que representa el riesgo total. En un segundo momento, el riesgo sigue disminuyendo, pero a un ritmo menor. Finalmente, aunque el riesgo no deja de caer, su descenso es muy pequeño; esto es, se llega a un punto en el cual por más activos que se agreguen al portafolio el riesgo disminuye muy poco.

Si existe una correlación negativa entre el precio de dos activos, entonces las variaciones de uno se compensarán con las variaciones de otro, reduciéndose el riesgo. En términos generales, la diversificación no asegura contra las pérdidas de valor de las inversiones si el mercado baja, pero ayuda a disminuir el riesgo. Un portafolio con dos acciones que muestren una correlación de -1 en sus precios, tendrá un riesgo igual a cero.

Es difícil encontrar parejas de activos con una correlación unitaria negativa. La mayoría de los valores de los activos varían al unísono (Varian, 1996). En estos casos, la diversificación reduce el riesgo, aunque no lo elimina.

Para la aplicación del método de análisis de riesgo, es necesario definir previamente parámetros, tales como:

La Covarianza (σ_{ij}) es una medida de la asociación entre dos variables. Por ejemplo: R_a y R_b , las cuales representan dos variables diferentes (para el caso se supone que son los rendimientos de dos hortalizas), su expresión es la siguiente:

$$\sigma_{R_a R_b} = f(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (R_{ai} - \bar{R}_a)(R_{bi} - \bar{R}_b)}{n - 1}$$

La covarianza tiene las siguientes propiedades

- a) Cuando los valores de la variable R_a aumentan con los de la variable R_b , la covarianza es positiva;

- b) Cuando los valores de la variable R_a disminuyen al aumentar los de la variable R_b , la covarianza es negativa;
- c) De la ecuación para $\sigma_{R_a R_b}$ (la covarianza entre R_a y R_b), se puede observar que si $\bar{R}_a = \bar{R}_b$, entonces, se trata de la varianza de R_a o R_b , dada por la ecuación $\sigma^2_{R_a}$ (la varianza de R_a); es decir, la varianza es un caso particular de la covarianza.

Una desventaja de la covarianza como medida de asociación es que su valor depende de las unidades en que se miden las variables de interés; por ello, se ha usado una medida de asociación que es independiente de las unidades de medición; llamada Correlación, su fórmula es:

$$\rho_{R_a R_b} = \frac{\sigma_{R_a R_b}}{\sigma_{R_a} \sigma_{R_b}}$$

El coeficiente de correlación $\rho_{R_a R_b}$, es una medida de la asociación entre dos variables, que tienen las siguientes propiedades:

- a) Es independiente de las unidades utilizadas en las variables;
- b) Valores positivos del coeficiente indican que las variables tienden a crecer (o decrecer) simultáneamente, y valores negativos indican que una aumenta cuando la otra disminuye;
- c) Toma valores exclusivamente entre -1 y 1.

Si $\rho_{R_a R_b} = 1$, las variables están perfectamente correlacionados; si $\rho_{R_a R_b} = 0$, las variables son independientes; si $\rho_{R_a R_b} = -1$, las variables tienen una perfecta correlación inversa y generan un portafolio con riesgo nulo.

4.4. Metodología de selección de portafolio

A la solución del problema de selección de portafolio contribuyeron varios pioneros. El primero de ellos fue Harry Markowitz desde 1952; después de ese importante aporte, se sucedieron, entre otros, Fama y Miller, Tobin y en cuanto se refiere al modelo CAPM, Sharpe, Lintner, y Fama.

Markowitz propuso desde 1952, la regla del "valor esperado-varianza" (en la literatura en inglés se conoce como la regla E-V (por expected value variance). Según esta regla un decisor preferirá un proyecto A sobre un proyecto B si alguna de estas afirmaciones es válida:

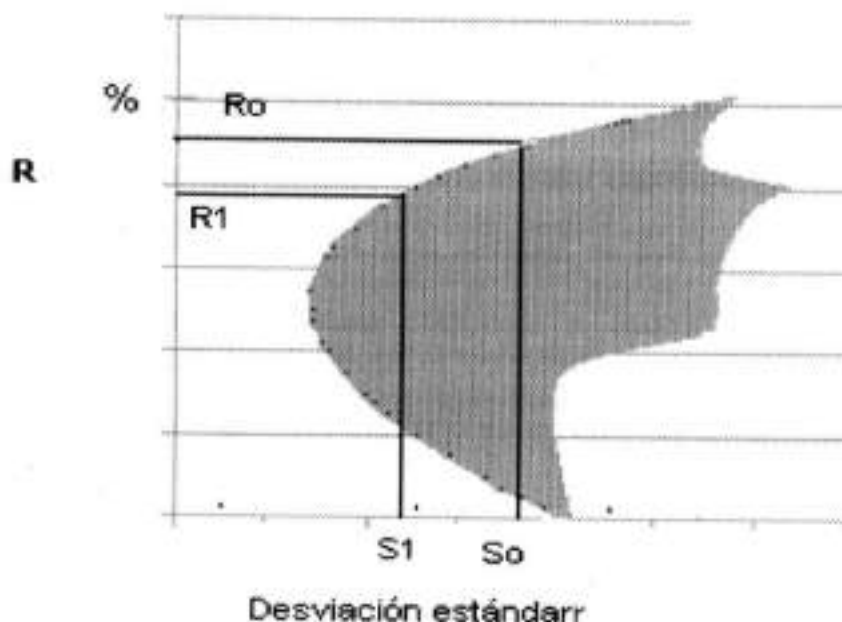
- ❖ La rentabilidad esperada de A es mayor o igual a la de B y la varianza de A es menor que la de B
- ❖ La rentabilidad esperada de A es mayor que la de B y la varianza de A es menor o igual a la de B

La genialidad de Markowitz fue utilizar estas ideas y los conceptos básicos de Estadística presentados y aplicarlos al problema de cómo dividir una suma de dinero en inversiones de acciones de manera que se minimizara la varianza total del portafolio compuesto de cierto número de acciones; esto debía lograrse de manera que la suma de la proporción de cada acción fuera igual al total del monto que se deseaba invertir, esto es las proporciones debían sumar 1. Por el otro lado, el promedio ponderado de las rentabilidades de todas las acciones consideradas debía ser igual a una cifra preestablecida.

La solución de este problema hasta hace algunos años, era en realidad, numéricamente complicada y parece ser que ese hecho convirtió el tema en tabú; hoy es posible resolverlo en segundos, con la ayuda de herramientas electrónicas disponibles (software), como pueden ser: Microsoft Excel, MATLAB 7.0, SAS System, LINDO, GAMS, E-VIEWS, Geometer's Sketchpad, entre otros.

La combinación de todas las posibilidades de las acciones producía un infinito número de combinaciones (conjunto de oportunidades, opportunity set), que al limitarlas estableciendo las condiciones estipuladas, este conjunto infinito de posibilidades tenía una frontera (Ver figura 2).

Figura 2. Conjunto de oportunidades



Fuente: Velez, 2001.

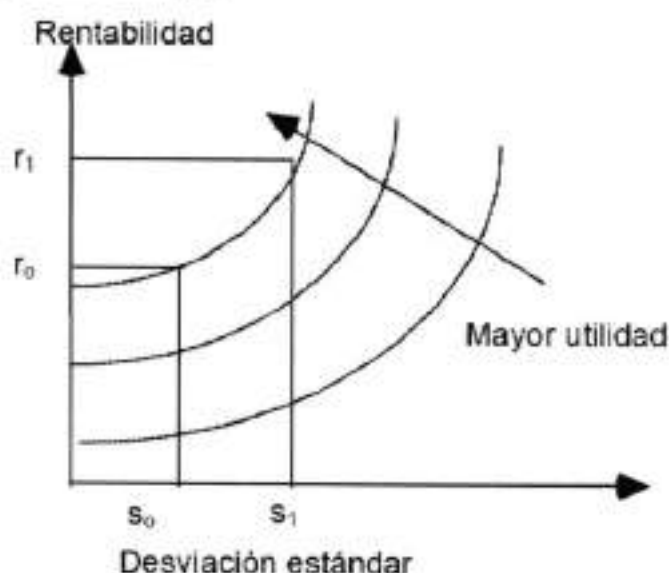
Un decisor racional que esté dispuesto a aceptar un nivel de riesgo (desviación estándar) s_1 , no escogerá ninguna de las combinaciones que se sitúen debajo de r_1 ; así mismo, un decisor racional que desee una rentabilidad r_0 , no escogerá ninguna combinación que se encuentre a la derecha de s_0 .

Todo esto significa que el decisor escogerá una combinación (portafolio), que se encuentre en la línea punteada de la figura. Esta línea se llama frontera eficiente porque no hay ningún portafolio que presente mayor rentabilidad, dado un nivel de riesgo (desviación estándar), ni ninguno que presente menor nivel de riesgo (desviación estándar) dado un nivel de rentabilidad. Esto descarta entonces todas las combinaciones por debajo y a la derecha de esta frontera eficiente. El problema ahora es determinar cuál será el punto en esa línea que deberá escoger el decisor.

Cuando se trata de elección bajo riesgo, ya se sabe que el decisor no maximiza su valor esperado monetario, sino el valor esperado de su utilidad. Con un poco de análisis y observación de la realidad, se puede concluir, de manera intuitiva que una persona estará dispuesta a asumir más riesgo si recibe una rentabilidad más que proporcionalmente mayor que el riesgo incremental asumido.

En estas condiciones, supone que la relación entre riesgo y rentabilidad es, gráficamente, la siguiente:

Figura 3. Riesgo y rentabilidad



Fuente: Vélez, 2001.

4.5 Portafolio óptimo dentro de la frontera eficiente

El modelo de portafolio está basado sobre el supuesto de comportamiento racional del agente decisor, quien desea maximizar la rentabilidad y minimizar el riesgo. Por lo tanto, para el agente un portafolio será eficiente en tanto proporcione el máximo retorno posible para un riesgo dado, o de forma equivalente, si presenta el menor riesgo posible para un nivel determinado de retorno (Pecar, 2008).

En el gráfico siguiente, los portafolios eficientes forman una curva envolvente llamada frontera de eficiencia. Con la notación del gráfico anterior, la frontera queda determinada uniendo los puntos DFAE.

Figura 4. Frontera de eficiencia



Fuente: Pecar, Marina. 2008.

La mayor o menor concavidad de la curva dependerá de la correlación que exista entre los distintos activos. En efecto, si la correlación entre los activos es 1, la frontera de eficiencia será una línea recta en D y E. A medida que la correlación disminuye, la frontera se tomará más cóncava.

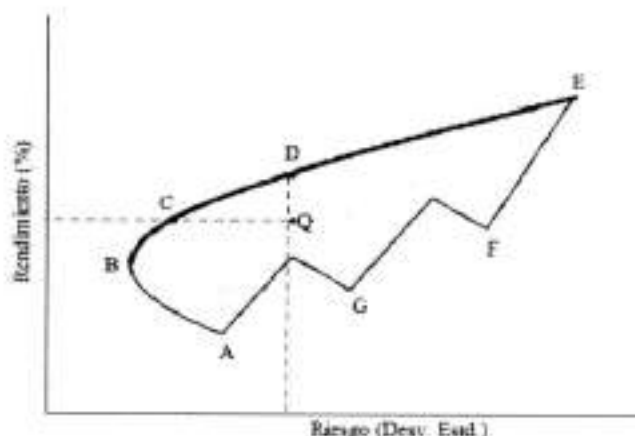
Una vez que se tienen medidas estadísticas para calcular el riesgo y el rendimiento de los portafolios, es posible definir criterios para seleccionar aquellos que sean mejores; esto es, seleccionar los portafolios que sean eficientes.

Los portafolios eficientes, de acuerdo a la terminología de la MPT, son aquellos que ofrecen el mayor rendimiento posible para un grado específico de riesgo o que ofrecen el menor riesgo posible para un rendimiento determinado.

La línea –o más correctamente el arco– DFAE de la Figura 4, conocida por su forma particular como el “parasol de Markowitz”, muestra el conjunto viable de oportunidades de inversión característico para un mercado. Esta área representa todos los posibles portafolios o combinaciones de inversiones en términos de sus desviaciones estándar y sus rendimientos esperados.

El parasol de Markowitz es inclusivo; esto es, ningún portafolio o instrumento de inversión individual puede estar fuera de él, porque no es posible alterar el rendimiento esperado de los instrumentos individuales ni la desviación estándar de los portafolios. La frontera eficiente, representada por la curva BCDE (Figura 5), es el conjunto de portafolios que dominan al resto de las posibles combinaciones. Por ejemplo, el portafolio Q está dominado por el portafolio D – debido a que éste ofrece un rendimiento mayor para el mismo grado de riesgo– y por el portafolio C –ya que éste ofrece un menor riesgo para el mismo nivel de rendimiento. No obstante, ningún otro portafolio que no se encuentre sobre la frontera eficiente domina a los que sí lo están.

Figura 5. Conjunto viable de oportunidades de inversión



Fuente: Villarreal Samaniego, J.D. Administración Financiera II, 2008

De acuerdo con la MPT, una vez que el inversionista se ubica sobre la frontera eficiente, el portafolio que escoja dependerá de su preferencia respecto a la relación riesgo – rendimiento.

Un inversionista muy agresivo deseará una inversión que le ofrezca un rendimiento alto, por lo que podría escoger el portafolio E. Otro inversionista más conservador preferirá un riesgo menor aunque sacrifique rendimientos, por lo que podría escoger el portafolio B. Por último, algún inversionista moderadamente conservador (o moderadamente agresivo, según el punto de vista) podría inclinarse por los portafolios C o D (Villareal, 2008).

Determinación de la Frontera Eficiente

La MPT propone de forma específica un modelo para encontrar la frontera eficiente ejemplificada en la Figura 5. La MPT plantea la maximización del rendimiento dado un nivel determinado de riesgo a través de las expresiones:

$$Max \sum_{i=1}^n (w_i)(E(k_i))$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j Cov_{ij} = K$$

Alternativamente, la MPT señala que es posible encontrar la frontera eficiente especificando un nivel mínimo de riesgo dado un nivel de rendimiento:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \text{Cov}_{ij}$$

sujeto a:

$$\sum_{i=1}^n (w_i)(E(k_i)) = K$$

Una vez más, w_i es la proporción de recursos invertidos en el i -ésimo activo, $E(k_i)$ es el rendimiento esperado del i -ésimo activo, w_j es la proporción de recursos invertidos en el j -ésimo activo, n es el total de activos en el portafolio, Cov_{ij} es la covarianza entre los rendimientos posibles de los activos i y j , en tanto que K es una constante.

4.6 Las claves de la inversión

El rendimiento y el riesgo así como la relación entre ellos son absolutamente fundamental para el éxito de la inversión. Todos los inversionistas prefieren altos rendimientos y bajos riesgos.

Esto implica que existe intercambio entre riesgo y rendimiento. El inversionista que exige altos rendimientos tiene que estar dispuesto a aceptar altos riesgos. Estas son las tres claves de una inversión exitosa:

1. Existe un intercambio entre riesgo/rendimiento en el mercado de valores.

Es decir estar consciente de la existencia del intercambio

riesgo/rendimiento y comprender su naturaleza con el fin de desarrollar una estrategia de inversión óptima. La esperanza de altos rendimientos requiere estar dispuesto a aceptar un alto nivel de riesgo.

2. No se puede esperar un alto rendimiento sin correr también un alto grado de riesgo. En un sentido importante, a los inversionistas se les paga un precio de equilibrio por correr riesgos. El comprender como se determina y se mide este precio del riesgo le da al probable inversionista o director de inversiones una visión mucho más profunda de los riesgos y posibles recompensas de la inversión en valores. Un mercado financiero que funcione correctamente pagará una cantidad de equilibrio a los que corren riesgo.
3. El éxito o el fracaso de cualquier desempeño de inversión solo se puede medir tomando en cuenta todo el rendimiento que se obtuvo como el grado de riesgo que se corrió. La medida del desempeño no puede considerar sólo el rendimiento sino que también tiene que tomar en cuenta el riesgo.

No se puede medir el desempeño simplemente por las utilidades obtenidas en un determinado período de operación. En lugar de ello, para medir el desempeño es necesario conocer qué tan bien le fue a un inversionista con relación al riesgo que estaba corriendo.

4.7 Diversificación y formación de la cartera

Una vez que el inversionista ha decidido invertir su capital en dos o más activos, ahora se le presenta un nuevo problema, el saber cuánto tiene que invertir de capital en cada uno de los valores o activos a los que haya destinado su inversión, de tal forma que dicha inversión le genere un rendimiento mayor con el menor riesgo posible.

Al invertir en dos o más activos, se tiene la posibilidad de hacer muchas combinaciones, dependiendo del número de activos o valores que para ello se tomen y en los que se haya decidido invertir parte del capital, y estas combinaciones (portafolios de inversión), le ayudarán al inversionista hasta el grado de saber cuál es la combinación óptima de inversión.

También el inversionista debe de tomar en cuenta las ventajas que representa dividir el capital a invertir y destinar cada parte de él en diferentes valores, ya que de esta manera el inversionista está en posibilidad de reducir el riesgo, es decir reduce la posibilidad de enfrentar una pérdida financiera. Y así, de esta manera, se puede reducir el riesgo sin reducir los rendimientos de la inversión.

Una cartera es una colección o grupo de valores que están en poder de un solo inversionista, dicho inversionista puede ser una persona física o una persona moral.

La diversificación puede considerarse como la asignación óptima de recursos o de los fondos invertibles a diversos valores o activos.

4.8 Análisis para la diversificación y formación de la cartera

Dentro del análisis que se lleva a cabo, es necesario delimitar algunos aspectos que no intervienen dentro del análisis mismo, sin embargo, aunque las suposiciones siguientes no sean parecidas a la realidad, el comportamiento real de los mercados no difiere mucho a como sería si las suposiciones fueran verdaderas.

Todas estas suposiciones son útiles para simplificar el análisis de la diversificación.

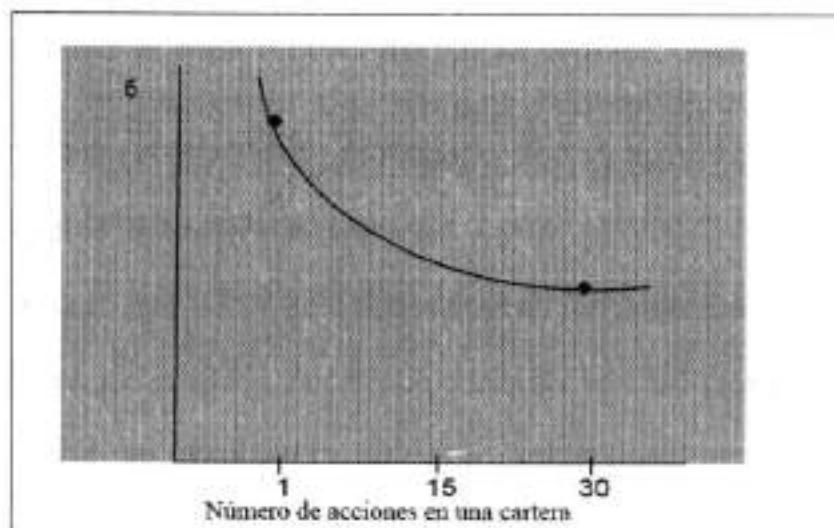
Aspectos a considerar dentro del análisis.

1. Se supone que los mercados de valores operan sin costos de operación, es decir no existen los costos por comisión ni por impuestos.
2. Todos los inversionistas tienen a su alcance toda la información sobre los valores; también sobre cualquier otro dato que influya en la fijación del precio de los valores.
3. Cómo los inversionistas tienen la misma información y el mismo sistema de análisis, también tienen expectativas homogéneas sobre el riesgo y el rendimiento que se espera en los mercados sobre los valores.
4. También se supone que los inversionistas sólo les interesa el rendimiento y el riesgo esperado sobre los valores, ya que se enfocarán a buscar los rendimientos esperados más altos con el menor riesgo posible.

4.9 Los impresionantes efectos de la diversificación

La diversificación puede conducir a una reducción impresionante del riesgo sin disminuir el rendimiento esperado. Aunque pueda parecer que la diversificación es una buena idea en teoría, el inversionista aún puede preguntarse si es aplicable en la práctica. Para ello se formaron muchas carteras de una acción, carteras de dos acciones y así sucesivamente, hasta carteras de veinte acciones. Después se calculó la diversificación estándar promedio de cada uno de los diferentes tamaños de carteras, como se muestra en la figura 6.

Figura 6. El efecto de la diversificación



Fuente: García Vázquez, *et. al.*; 2006

Las carteras con mayor nivel de riesgo promedio fueron las de una acción. Las carteras de dos acciones tuvieron menos riesgo y así sucesivamente, hasta las carteras de veinte acciones, con el riesgo promedio más bajo. La desviación estándar promedio de la cartera de una acción es tan sólo la desviación estándar promedio de una acción individual.

En comparación con el nivel de riesgo para una acción individual, al seleccionar al azar una cartera con veinte acciones, el inversionista puede evitar alrededor del 40% del riesgo de una acción promedio.

Este proceso de seleccionar acciones al azar para crear una cartera se conoce como diversificación ingenua, la cual se realiza a través de una selección aleatoria de valores. Mediante el uso de ciertas técnicas matemáticas, también es posible encontrar las carteras que se encuentren sobre la frontera eficiente. Esta técnica de diversificación más perfeccionada se le conoce como la diversificación de Markowitz, que se realiza mediante la selección de aquellos valores que darán el nivel mínimo de riesgo para un nivel especificado de rendimiento esperado.

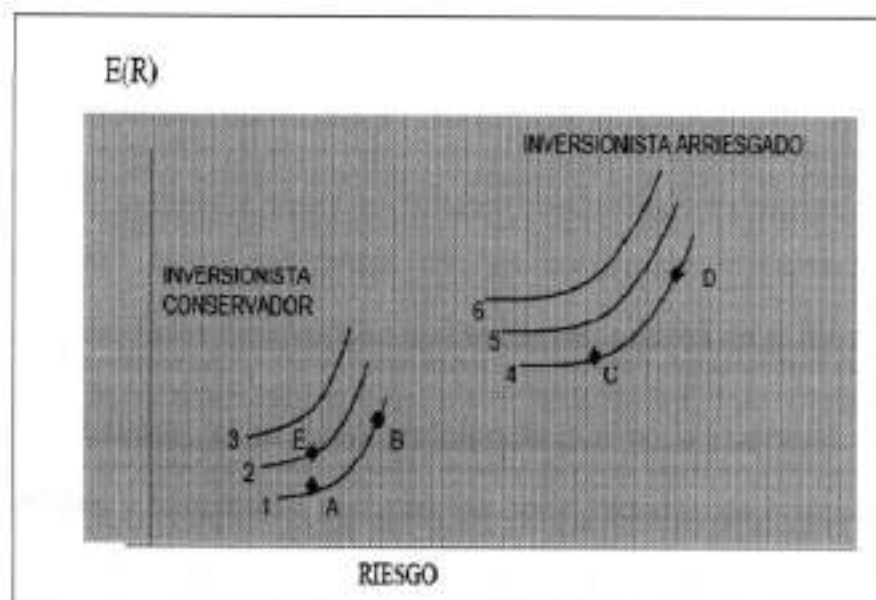
4.10 Preferencias de los inversionistas

Se ha mencionado que los inversionistas buscan rendimientos más altos y a la vez menores riesgos posibles, por lo que cualquier inversionista prefiere una de las carteras que se encuentran sobre la frontera eficiente y la decisión dependerá de las necesidades del mismo, de sus preferencias con relación al riesgo y el rendimiento, es decir, si se trata de un inversionista arriesgado o de un inversionista conservador.

Un inversionista arriesgado o atrevido busca siempre rendimientos esperados adicionales y está dispuesto a correr ciertos riesgos con el fin de obtenerlos. Por el contrario, un inversionista conservador prefiere evitar riesgos aunque como consecuencia pierda rendimientos esperados adicionales.

Las diferencias entre las preferencias de los inversionistas se pueden observar en forma gráfica en la siguiente figura:

Figura 7. Curvas de utilidad para diferentes inversionistas



Fuente: García Vázquez, *et. al.*; 2006

Se puede observar que el grupo de curvas que prefiere un inversionista conservador, cada línea individual representa diferentes combinaciones de rendimientos esperados y riesgo que son igual de atractivas para un inversionista. Por ejemplo para un inversionista conservador no hay diferencia entre los puntos A y B, debido a que A ofrece menos rendimiento esperado que B, pero también menos riesgo, por lo que a esta clase de curva se le denomina como curva de indiferencia, porque para el inversionista le son indiferentes todas las oportunidades que se presentan sobre una curva en particular.

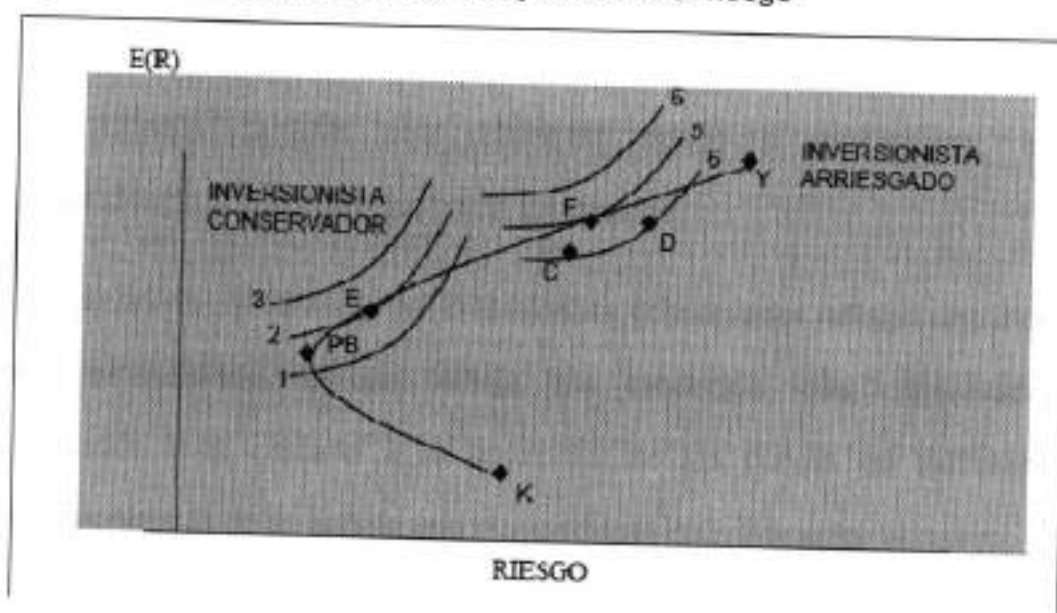
Por el contrario, para el inversionista arriesgado, le resultan indiferentes todas las oportunidades sobre la curva comprendida entre los puntos C y D.

Los inversionistas buscan siempre niveles que les ofrezcan satisfacción o utilidades, y de acuerdo con la gráfica el inversionista conservador prefiere encontrarse sobre la curva más alta que fuera posible, en este caso sobre la curva 3, y el inversionista arriesgado, prefiere situarse sobre la curva 6.

Sin embargo, no siempre es posible que estos dos tipos de inversionistas logren alcanzar las curvas más altas, debido a que esta situación de lograr cualquier posición sobre cualquiera de las curvas de indiferencia depende de las oportunidades de inversión que estén disponibles en el mercado.

No obstante, si se tiene preferencia que se encuentren sobre las curvas de utilidad y también se conocen las oportunidades de inversión del mercado que estén disponibles para los inversionistas, entonces es más fácil determinar cuáles son las inversiones que realizarán los inversionistas.

Figura 8. Preferencias de inversión y aversión al riesgo



Fuente: García Vázquez, *et. al.*; 2006

En la figura 8 se combinan las preferencias de los inversionistas conservadores y atrevidos con ciertas oportunidades de inversión. La curva eficiente, señala las mejores oportunidades de inversión disponibles para los inversionistas y se muestra sobre la curva que va desde Y hasta PB. El inversionista conservador puede obtener con facilidad una posición sobre la curva de inferencia 1, también es posible lograr un punto sobre la curva de indiferencia 2 si conserva la cartera E. El inversionista atrevido conservará la cartera F para lograr una posición sobre la curva de indiferencia 5.

A cualquier inversionista que conserve una cartera que sea tangente a la curva de indiferencia obtendrá mejores resultados. Los inversionistas seleccionaran la cartera que les permitirá alcanzar la curva de indiferencia más alta posible.

Tanto el inversionista conservador como el arriesgado seleccionaran carteras que se encuentren sobre la frontera eficiente, la diferencia está en que seleccionarán carteras con diferentes riesgo y rendimiento, esto en consecuencia a sus actitudes hacia los mismos.

Las curvas de indiferencia del inversionista conservador reflejan una inclinación más pronunciada, lo cual refleja una tendencia más conservadora. La inclinación más cercana a la horizontal de las curvas de indiferencia del inversionista atrevido señala una mayor disposición a aceptar el riesgo.

4.11 El Modelo del CAPM

Una de las grandes inquietudes en el campo de las finanzas ha sido desarrollar modelos explicativos y predictivos del comportamiento de los activos financieros. Uno de los aportes más importantes a este proceso ha sido el Capital Asset Pricing Model (CAPM).

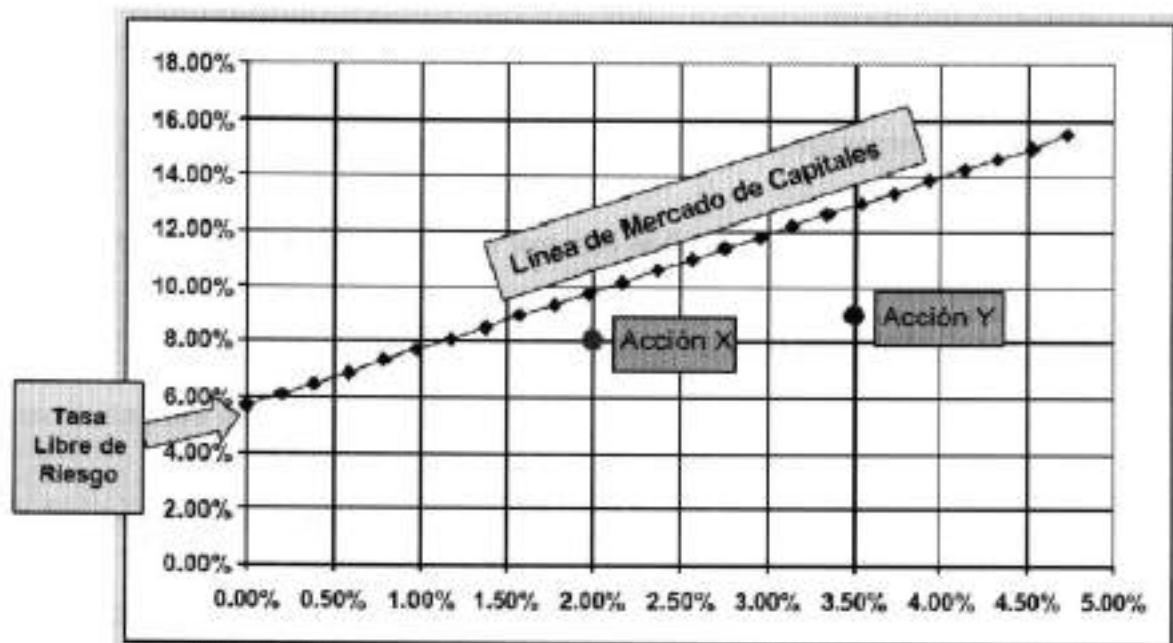
Uno de los grandes aportes al desarrollo de las finanzas ha sido sin duda la formulación la Teoría del Portafolio por Harry Markowitz (1959), fuente de la elaboración posterior de modelos que ha tratado de explicar y predecir el funcionamiento del mercado de capitales. Uno de esos modelos es Capital Asset Pricing Model – CAPM desarrollado, entre otros, por William F. Sharpe (1963).

El modelo explica el comportamiento de una acción en función del comportamiento del mercado. Además pretende servir para proyectar el retorno

futuro de una acción, en función del comportamiento del mercado; no obstante, se debe tener cuidado en ubicar las posibilidades predictivas del CAPM.

En equilibrio, el precio de los activos financieros se ajustará de manera tal que el inversionista, si aplica la Teoría del Portafolio para obtener los beneficios de la diversificación, será capaz de ubicarse en cualquier punto a lo largo de la Línea de Mercado de Capitales.

Figura 9. Mercado de capitales



Fuente: Bravo Orellana, Sergio. Diciembre de 2004

El inversionista podrá obtener un mayor retorno esperado sólo si se expone a un riesgo adicional. El mercado le impone dos precios: el precio del tiempo y el precio del riesgo. El primero es el interés que se obtiene por inmovilizar los fondos, el segundo es el mayor rendimiento que se obtiene por exponernos al riesgo (Sharpe, 1963).

El precio del tiempo sería, en este gráfico, el intercepto entre la Línea de Mercado de Capitales y el eje vertical: la Tasa Libre de Riesgo. El precio del riesgo sería el retorno adicional que se obtiene en la medida que el inversionista se desplaza hacia la derecha, incurriendo cada vez, en un mayor grado de exposición al riesgo.

El Riesgo puede ser representado por la variabilidad (varianza o desviación estándar) de los rendimientos obtenidos.

Los supuestos del CAPM

Para la construcción del modelo CAPM se asumen los siguientes supuestos:

1. Los inversionistas son personas aversas al riesgo.
2. Los inversionistas cuidan el balance entre retorno esperado y su varianza asociada para conformar sus portafolios.
3. No existen fricciones en el mercado.
4. Existe una Tasa Libre de Riesgo a la cual los inversionistas pueden endeudarse o colocar sus fondos.
5. No existe asimetría de información y los inversionistas son racionales, lo cual implica que todos los inversionistas tienen las mismas conclusiones acerca de los retornos esperados y las desviaciones estándar de todos los portafolios factibles.

Si bien no todos los supuestos del CAPM se aplican estrictamente en la realidad, esto no ha invalidado el aporte del modelo, que sigue siendo el más popular entre los administradores de portafolio.

La fortaleza explicativa del CAPM

La Teoría del Portafolio ha establecido los beneficios de la diversificación y, por tanto, de la construcción de portafolios de activos, así como la existencia de una Línea de Mercado de Capitales a partir de un punto denominado el Retorno del Mercado.

Está claro que bajo estas premisas ningún inversionista podrá obtener una mejor combinación de riesgo y rendimiento que a lo largo de la Línea de Mercado de Capitales, y que sólo será posible obtener un retorno superior mediante una exposición mayor al riesgo.

También se ha establecido la existencia de una relación lineal entre el retorno de un activo financiero y su grado de exposición al riesgo. Es importante destacar que el modelo CAPM se basa en la existencia de una relación lineal entre el riesgo y el rendimiento; pero que este tema no está exento de discusiones en la doctrina financiera.

Se había establecido también que el punto de origen de la Línea de Mercado de Capitales era el de la Tasa Libre de Riesgo (el intercepto), y que a partir de ese punto, que presentaba un riesgo cero, se podía obtener una rentabilidad cada vez mayor a cambio de una mayor exposición al riesgo.

En consecuencia, se puede afirmar que el precio para obtener cualquier rendimiento superior a la Tasa Libre de Riesgo era exponerse a un grado determinado de riesgo. En otras palabras, podemos aproximarnos a una definición del precio del riesgo.

Típicamente, el punto donde se ubican el riesgo y rendimiento de un activo individual cualquiera yace por debajo de la Línea de Mercado de Capitales, como una demostración de la ineficiencia de invertir en un solo activo. Mediante la diversificación el riesgo se podía reducir pero no se podía eliminar. En consecuencia se puede afirmar que el riesgo asociado de un activo "A" está conformado por dos bloques: el riesgo diversificable y el riesgo no diversificable.

Al riesgo diversificable se le denomina riesgo no sistemático y en contrapartida al riesgo no diversificable se le conoce como riesgo sistemático. Se entiende que éste último es un riesgo sistemático porque es el riesgo propio del mercado, del cual un activo financiero no puede desprenderse.

4.12 El nuevo problema del portafolio con el CAPM

¿Qué es un portafolio óptimo? Un portafolio óptimo, a la luz del modelo CAPM, es aquél que pertenece a la frontera eficiente, que combinado con una proporción de inversión sin riesgo y dado un determinado nivel de riesgo deseado, maximiza la rentabilidad. Esta definición es válida aun si el nivel de riesgo deseado es menor que el establecido como mínimo por la frontera eficiente. Ahora la pregunta que debe responderse es, ¿cómo se determina el

portafolio óptimo? Ese portafolio óptimo es simplemente el punto de tangencia entre la Línea del Mercado de Capitales y la frontera eficiente.

Como este portafolio óptimo debe quedar en la frontera eficiente, entonces el punto de tangencia está localizado en la recta con máxima tangente entre esa recta y la horizontal. Esta solución es muy buena y elegante porque no es fácil determinar las curvas de indiferencia que requiere el modelo de Markowitz.

Si se conoce la tasa de interés libre de riesgo, ¿cómo se determina la pendiente de la recta? En otras palabras, otra vez se plantea el problema de determinar m . Este problema existe porque no es fácil en la práctica determinar las curvas de indiferencia de un decisor; sin embargo, por lo que se dijo anteriormente, no es necesario calcular estas curvas y puede encontrarse una forma alterna de determinar m , lo cual se presenta más adelante.

Gráficamente, se puede determinar como aquella recta que pasa por r y tiene la máxima pendiente sin salirse de la frontera eficiente determinada al comienzo.

De manera general, el decisor siempre estará, según la teoría, con una fracción, con todo o con más de lo que tiene en la actualidad, invertido en el portafolio m .

Para hallar el portafolio m , lo que hay que hacer es darse cuenta de que la pendiente de la recta que pasa por m y por r es la máxima posible, y de que corresponde a otro problema de optimización. De acuerdo con la teoría del Capital Asset Pricing Model (CAPM), el inversionista preferirá una posición en el "portafolio de mercado" sea con o sin deuda. Entonces, el portafolio óptimo está dado por la solución a un problema de optimización.

En este caso se trata de maximizar:

$$Max_{\theta} = \frac{R_m - r}{\sqrt{\sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \alpha_k \alpha_l \sigma_{kl}}}$$

Sujeto a:

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$$

Donde:

α_i = es la participación de la acción i en el portafolio,

σ_{kl} = es la covarianza entre las acciones k y l,

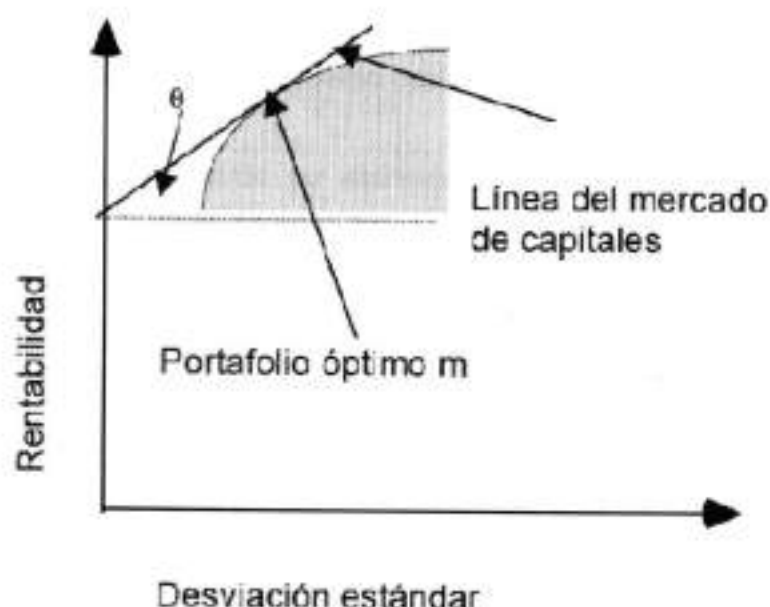
R_m = es la rentabilidad del portafolio,

r = es la rentabilidad libre de riesgo, y

m = es el número de acciones que se estudian.

La restricción de que las α 's sean positivas se puede incluir. En este caso no hay lo que se llama posición corta (ver figura 10):

Figura 10. Línea del Mercado de Capitales, frontera eficiente y portafolio óptimo



Fuente: Vélez Pareja, Ignacio. 2001

La solución de este problema produce las α_i y con ellas se puede calcular el valor de R_m y el valor de la varianza (desviación estándar del portafolio). Hecho esto, el decisor tomará la decisión de reducir aún más su riesgo -sacrificando algo de rentabilidad- combinando ese portafolio con papeles libres de riesgo.

4.13 Métodos Alternativos de Medición de Riesgo

El riesgo de un activo se mide cuantitativamente con la aplicación de dos métodos estadísticos: la desviación estándar y la varianza, es decir, la variabilidad de los rendimientos de los activos. A continuación se describen cada uno de ellos:

Desviación estándar. Es el indicador estadístico más común del riesgo de un activo, mide la dispersión alrededor del valor esperado. El valor esperado de un rendimiento es el rendimiento más probable sobre un activo.

Este método enfoca su atención sobre la varianza (VAR) y la desviación estándar (SD) del índice de rentabilidad (IR) o de la tasa de rentabilidad (R). Una característica conveniente de estas mediciones de riesgo es que tienen una relación definida. La varianza es el cuadrado de la desviación estándar:

$$VAR = SD^2$$

La decisión de medir el riesgo mediante la varianza o la desviación estándar implica que el inversionista esté interesado en la dispersión que el (IR) o el (R). Mientras mayor sea la posibilidad de obtener un resultado alejado de la media, mayor es el riesgo de una inversión en particular.

Como ya se ha mencionado, el riesgo es la probabilidad de que el rendimiento del portafolio sea distinto al rendimiento esperado. El modelo de Markowitz es sólo un apoyo para realizar la selección de los instrumentos de inversión que compondrán el portafolio, sin embargo, es necesario mencionar que la teoría existente sobre portafolios de inversión es muy amplia y el modelo de Markowitz no es el único empleado, no obstante es uno de los más sencillos y comprensible sobre todo para aquellas personas que apenas se interesan en el ámbito de las inversiones. A continuación se mencionan brevemente cada uno de estos métodos alternativos de evaluación del riesgo (Ochoa, 2008).

Método APT (Arbitrage Pricing Theory).- este método fue diseñado por Stephen A. Ross en 1976, el cual no sólo considera que los indicadores de precio del mercado es el único factor determinante en el riesgo, sino que también considera a otros factores tales como la producción industrial, la inflación, las tasas de interés, el precio del petróleo, cambios en las reservas internacionales, entre otros. Sin embargo el método APT no es suficiente para tomar decisiones en cuanto al principal problema en la selección de un portafolio de inversión, es decir, no permite tomar la decisión de la proporción idónea que deben tener los instrumentos de inversión que compondrán al portafolio.

El VAR (Value at Risk). - La medición del VAR requiere de fundamentos estadísticos, el VAR determina la cantidad máxima que es posible perder, dado un determinado nivel de confianza (por lo regular el estándar de la industria es considerar el 95% de confianza o el 99%) en un determinado periodo de tiempo. Normalmente los periodos usados para el cálculo del VAR es un día, 10 días o 1 año. Por ejemplo, un VAR 6 a un año quiere decir que existe el 5% de probabilidad de que se tenga una pérdida mayor al 6% en ese periodo de tiempo.

Existen varias formas de realizar el cálculo del valor del VAR, se enlistan a continuación y se da una breve explicación de cada uno de ellos.

- El método histórico toma una consideración importante, y es que asume que las condiciones pasadas seguirán ocurriendo en el futuro, así que se trabaja con datos históricos.

- El método de varianza covarianza también es conocido como Delta Normal, considera que los rendimientos tienen una distribución normal, así que conociendo la media y varianza de esta distribución, es sencillo determinar el porcentaje de observaciones situadas por encima del 95%, el cual es el nivel de confianza.
- El método de Simulación de Montecarlo data aproximadamente de 1994, se basa en la simulación por medio de la generación de números aleatorios los cuales se emplean para generar posibles escenarios. Un posible escenario se refiere a las distintas proporciones del monto total de la inversión que pueden tomar cada uno de los instrumentos de inversión, de esta manera se determina la posible pérdida o ganancia del portafolio bajo esas condiciones. Esta información es ordenada de tal manera que permita determinar un nivel de confianza específico.
- Método de Stress-Testing ó Método de Situaciones Extremas: este método precisamente simula situaciones extremas ó escenarios adversos lo que permite cuantificar los cambios probables en los rendimientos esperados del portafolio. Stress Testing puede ser implementado a través de la teoría de Valores Extremos (EVT) la cual se interesa por el estudio de las colas de la distribución de probabilidad y emplea métodos no paramétricos.
- Otro método que permite determinar al portafolio óptimo es un método propuesto por Holland en 1975 conocido como Algoritmo Genético (GA). Este algoritmo también ha sido empleado para resolver diversos

problemas de optimización industrial, los cuales son difíciles de resolver con los métodos conocidos y empleados tradicionalmente. Primeramente debe emplearse la simulación estocástica para calcular el rendimiento esperado y el riesgo, y posteriormente (GA) es empleado para determinar el portafolio óptimo. La explicación de cómo es que funciona el Algoritmo Genético es un poco compleja y debe manejarse una nueva definición del riesgo, distinta a la que se ha venido manejando en este capítulo, por lo cual sólo se hace una breve mención de su existencia.

Actualmente existen otros modelos que permiten tener una mejor proyección de los niveles de riesgo futuros, entre ellos se puede citar al modelo de heteroscedasticidad asimétricos, el modelo GARCH y GARCH Asimétrico, así como también se puede mencionar que no sólo la distribución normal es empleada para modelar retornos, sino también la distribución T- Student, la cual presenta colas con mayor masa de probabilidad y por esto se representa mejor la distribución de rendimientos. Los modelos GARCH mas difundidos fueron desarrollados en 1986 por Bollersler, también son conocidos como modelos generalizados autorregresivos de heterocedasticidad condicionada, los cuales fueron una generalización de los modelos GARCH desarrollados por Engle en 1982. Estos modelos emplean el método de máxima verosimilitud para realizar una estimación que permite determinar las proporciones de los instrumentos que maximizan los rendimientos.

Otros modelos que también pueden ser empleados y que consideran la trayectoria que han seguido los rendimientos es la estimación de modelos de

series de tiempo, conocidos como **ARIMA** (p, d, q) ó modelos autorregresivos integrados de medias móviles con orden p, d y q , sin embargo estos modelos requieren de un uso especializado de software econométrico.

Cada uno de los métodos mencionados presenta sus respectivas ventajas y desventajas. Aunque tradicionalmente sea considerado que el promedio histórico de los rendimientos es un buen estimador del rendimiento futuro, los elementos que deben ser considerados al momento de diseñar un portafolio de inversión son realmente bastantes, entre ellos podemos mencionar la duración, la convexidad, deltas, gammas, el VAR, el tracking error, razón de información, teoría de valores extremos, los métodos de simulación, etc. La complejidad y profundidad de cada uno de estos puntos impide que sean desarrollados en la presente tesis, sin embargo el lector debe estar consciente de esto y tener presente que incluso existen factores aunque importantes para diseñar un portafolio de inversión difíciles de considerar en tal estudio.

CAPÍTULO 5. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

5.1 Estimación de los modelos e interpretación de los resultados obtenidos

5.1.1 Datos del problema:

Se seleccionó una muestra de 190 observaciones del Índice Nacional de Precios al Productor del Banco de México, correspondientes al periodo de Enero de 1993 a Diciembre de 2008, para cada uno de los siguientes productos agrícolas: frijol, jitomate, chiles frescos, papa, cebolla, chile seco, calabacita, tomate verde, garbanzo, pepino, ajo zanahoria, elote, lechuga, col y nopales (ver anexo 1).

Para el análisis económico del portafolio óptimo de cultivos, así como de su eficacia para minimizar el riesgo y, por tanto, para incrementar las ganancias para un nivel de riesgo; se consideraron 15 actividades agropecuarias, para ello se tuvo que calcular lo siguiente:

Cuadro 3. Parámetros estadísticos para 15 actividades productivas

Actividades Productivas	$\bar{r}_i$ Rendimiento Esperado (promedio)	σ_{ii} Varianza	σ_{ij} Desviación Estandar
Frijol	0.01034906	0.00187556	0.04330778
Jitomate	0.03303123	0.05192654	0.22787395
Chiles frescos	0.02568770	0.03447204	0.18566649
Papa	0.01237058	0.00757261	0.08702073
Cebolla	0.02614236	0.03554875	0.18854375
Chile seco	0.00891561	0.00314781	0.05610539
Calabacita	0.02624113	0.03545030	0.18828251
Tomate verde	0.04880863	0.08979164	0.29965253
Garbanzo	0.00919862	0.00262376	0.05122262
Pepino	0.02277776	0.02205733	0.14851710
Ajo	0.00956155	0.00390415	0.06248319
Zanahoria	0.01526390	0.01050793	0.10250818
Elote	0.01021531	0.00535335	0.07316662
Lechuga y col	0.01066922	0.00615655	0.07846371
Nopales	0.04522924	0.06985440	0.26429983

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México

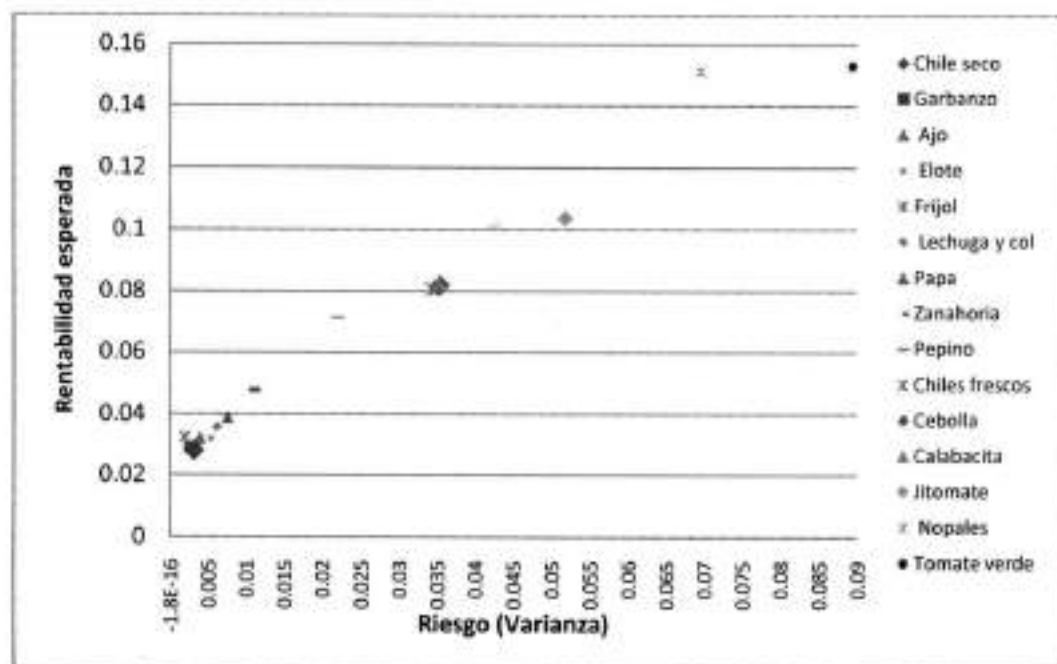
Matriz de Varianza y Covarianza

La matriz de varianza y covarianza, es no singular y tiene inversa, la cual se utilizó intensamente para obtener los resultados posteriores (ver anexo 2).

5.1.2 Los cultivos en el plano riesgo-rendimiento

La figura 11 presenta el riesgo y la rentabilidad esperada para cada uno de los quince cultivos estudiados; cada punto representa el nivel de rentabilidad dado un nivel de riesgo de cada hortaliza, el procedimiento a seguir es la construcción de la frontera eficiente.

Figura 11. Nivel de rentabilidad dado un nivel de riesgo (quince actividades agrícolas).



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México

Como se puede observar en la figura anterior, son varias las hortalizas que se encuentran en niveles de baja rentabilidad, por lo tanto bajos niveles de riesgo, entre ellos se pueden mencionar: ajo, frijol, garbanzo, papa, lechuga y col, zanahoria, cebolla y elote. Por otra parte, los que se encuentran en niveles medios están: pepino, chiles frescos, calabacita y chile seco. En cambio las hortalizas de mayor rentabilidad y mayor riesgo son: jitomate, nopales y tomate verde.

5.1.3 Resultados del problema de optimización

Cuadro 4. Composición óptima del Portafolio de Mínima Varianza

Varianza	0.0005	0.0005	0.0006	0.0007	0.0009	0.0015	0.0025	0.0037	0.0053	0.0074	0.0103	0.0141	0.0192	0.0349
Rentab.	0.0010	0.0348	0.0400	0.0450	0.0500	0.0600	0.0700	0.0800	0.0900	0.1000	0.1100	0.1200	0.1300	0.1500
Frijol	0.2918	0.2921	0.2796	0.2668	0.2548	0.2282	0.2012	0.1518	0.0376	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Jitomate	0.0069	0.0069	0.0133	0.0191	0.0250	0.0374	0.0498	0.0623	0.0768	0.0868	0.0949	0.1028	0.1086	0.0438
Chiles frescos	0.0052	0.0049	0.0146	0.0227	0.0314	0.0489	0.0664	0.0829	0.0979	0.1013	0.0983	0.0962	0.0633	0.0000
Papa	0.0233	0.0217	0.0293	0.0326	0.0384	0.0471	0.0569	0.0618	0.0576	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Cebolla	0.0000	0.0000	0.0007	0.0075	0.0135	0.0254	0.0375	0.0477	0.0590	0.0743	0.0987	0.1231	0.1092	0.0000
Chile seco	0.1468	0.1490	0.1279	0.1178	0.1017	0.0650	0.0288	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Calabacita	0.0000	0.0000	0.0008	0.0024	0.0030	0.0029	0.0028	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Tomate verde	0.0101	0.0105	0.0207	0.0306	0.0405	0.0610	0.0815	0.1032	0.1264	0.1579	0.1981	0.2383	0.2980	0.4274
Garbanzo	0.1925	0.1940	0.1746	0.1690	0.1534	0.1199	0.0845	0.0267	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Pepino	0.0206	0.0209	0.0345	0.0454	0.0569	0.0812	0.1055	0.1301	0.1523	0.1587	0.1454	0.1312	0.0579	0.0000
Ajo	0.1550	0.1546	0.1384	0.1195	0.1019	0.0586	0.0160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Zanahoria	0.0348	0.0351	0.0568	0.0733	0.0910	0.1282	0.1848	0.1998	0.2296	0.2172	0.1135	0.0099	0.0000	0.0000
Elote	0.0438	0.0420	0.0312	0.0103	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Lechuga y col	0.0683	0.0675	0.0609	0.0503	0.0412	0.0204	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Nopales	0.0008	0.0010	0.0169	0.0326	0.0472	0.0758	0.1044	0.1332	0.1628	0.2038	0.2512	0.2985	0.3630	0.5287
IDS	-89.54	-27.77	-17.00	-7.01	0.00	6.56	8.13	8.08	7.51	6.76	5.83	4.95	4.16	2.86

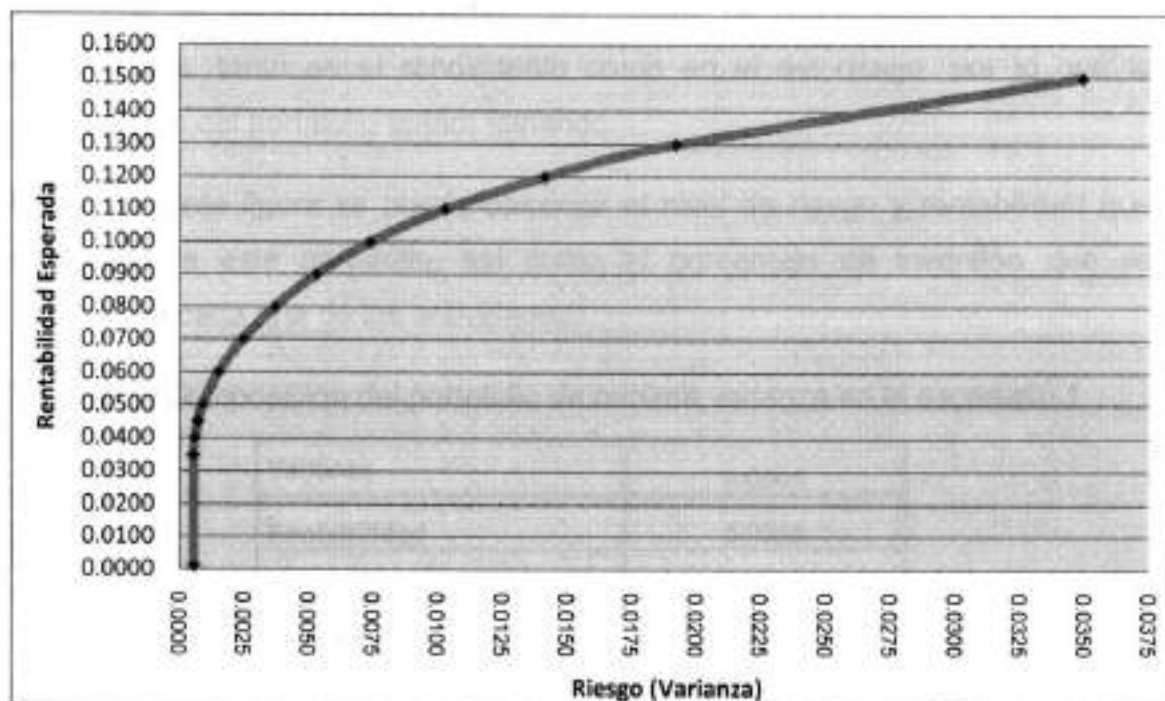
Fuente: Elaboración propia

El cuadro anterior muestra la composición óptima del portafolio de mínima varianza, el cual se puede observar que entre mayor rentabilidad desee el inversionista mayor será el nivel de riesgo a asumir; por ejemplo si se desea un nivel de rentabilidad de 5% (0.0500), el riesgo a asumir será de 0.09% y el portafolio estará conformado por las siguientes hortalizas: 25.48% de frijol, 2.5% de jitomate, 3.13% de chiles frescos, 3.83% de papa, 1.3% de cebolla, 10.17% de chile seco, 0.30% de calabacita, 4.04% de tomate verde, 15.34% de garbanzo, 5.69% de pepino, 10.19% de ajo, 9.09% de zanahoria, 4.12% de lechuga y col, 4.71% de nopales.

De igual manera, se puede observar que entre mayor nivel de rentabilidad se desee, el riesgo va incrementando y el portafolio se empieza a concentrar en las hortalizas de mayor rentabilidad y menor varianza.

La siguiente figura muestra la composición de portafolios de varianza mínima, el cual se enlista en la segunda fila de la tabla anterior, el cual tiene un nivel de rentabilidad de 3.48% y un nivel de mínimo riesgo de 0.05%.

Figura 12. Frontera eficiente.



Fuente: Elaboración propia

Los puntos sobre la curva de la frontera eficiente representan las diferentes combinaciones de portafolios eficientes; donde se obtiene la mejor rentabilidad a un riesgo dado, o bien el menor riesgo a una rentabilidad dada. Como se puede apreciar en la figura, cada inversionista, dependiendo del nivel de riesgo que quiera tener en su portafolio, escogerá la combinación de las proporciones de cada uno de las actividades que la conforman, la cual se encuentra sobre la frontera eficiente.

Lo más importante a considerar es que los inversores sólo se moverán sobre la frontera eficiente, o sea sobre las combinaciones que cada punto significa. Esta decisión dependerá básicamente de cuánto está dispuesto a arriesgar el inversor, o análogamente, de cuánto espera que la cartera le beneficie.

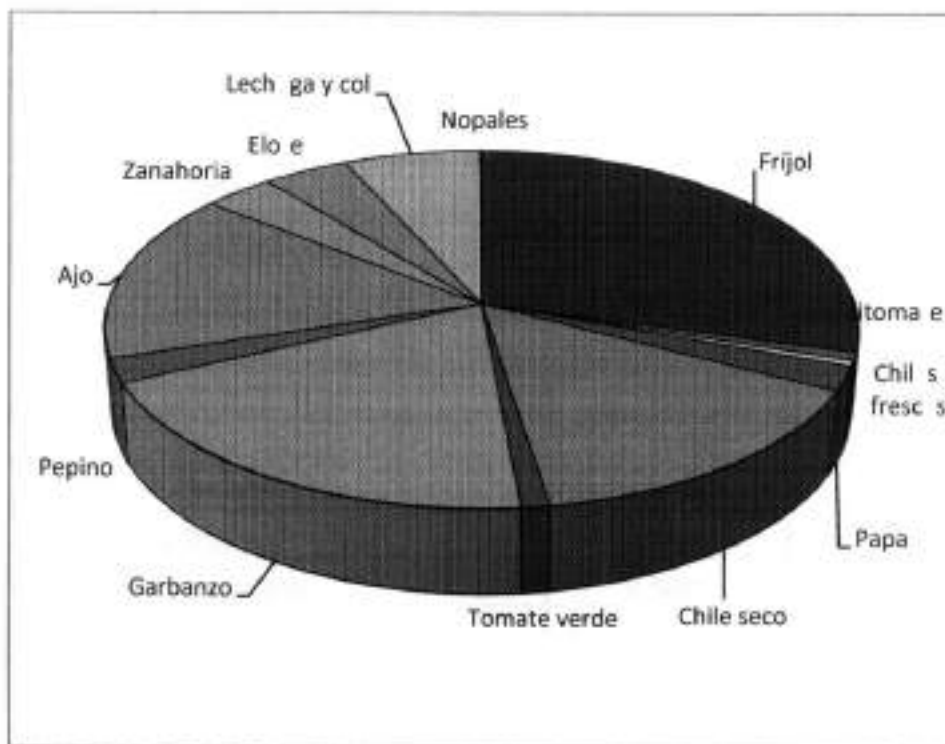
5.1.4 Comportamiento de los escenarios

Escenario 1: este escenario contiene el nivel de rendimiento que se puede obtener a partir del mínimo nivel de riesgo (varianza), por debajo de este nivel no hay cambios significativos en el nivel de riesgo; en cambio, por arriba de este nivel se pueden elegir diferentes niveles de rendimiento con cambios significativos, tanto en el rendimiento como en el del riesgo, por lo que la composición del portafolio estará variando.

En la siguiente figura se puede observar el nivel de riesgo y rentabilidad que conforman a este portafolio, así como el porcentaje de inversión que se destinará a cada una de las actividades.

Figura 13. Composición del portafolio de mínima varianza en el escenario 1

Varianza	0.0005
Rentabilidad	0.0348
Frijol	0.2921
Jitomate	0.0069
Chiles frescos	0.0049
Papa	0.0217
Cebolla	0.0000
Chile seco	0.1490
Calabacita	0.0000
Tomate verde	0.0105
Garbanzo	0.1940
Pepino	0.0209
Ajo	0.1546
Zanahoria	0.0351
Elote	0.0420
Lechuga y col	0.0675
Nopales	0.0010



Fuente: Elaboración propia

En este escenario, se puede observar que a un nivel de rentabilidad de 3.48% y un nivel de riesgo (varianza) de 0.05%, el portafolio de varianza mínima estará conformada por las siguientes hortalizas: 29.21% de frijol, 0.69% de jitomate, 0.49% de chiles frescos, 2.17% de papa, 14.90% de chile seco, 0.05% de tomate verde, 19.40% de garbanzo, 2.09% de pepino, 15.46% de ajo, 0.51% de zanahoria, 4.20% de elote, 6.75% de lechuga y col, 0.10% de nopales.

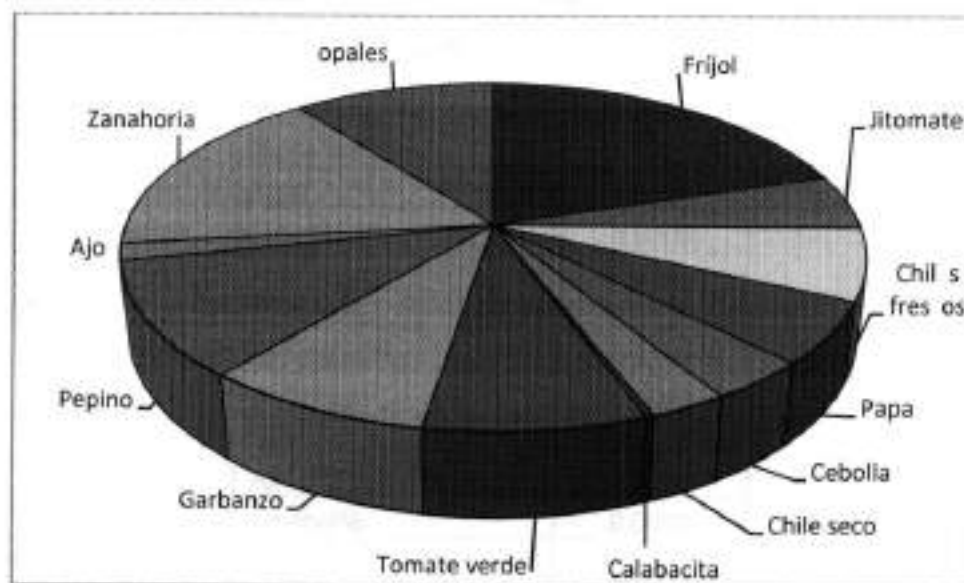
También se puede notar que la cebolla y la calabacita tienen 0.00% de participación, debido a que a ese nivel de rentabilidad y a ese nivel de riesgo es imposible encontrar la solución factible.

Escenario 2. Este escenario es relevante debido a que muestra al portafolio óptimo de tangencia, es decir, en este punto toca la LMC (Línea de Mercado de Capitales), el cual es la línea de mayor pendiente que se puede encontrar, tal que se parte de la tasa libre de riesgo (r_f), que en este caso se consideró de 5%, y esta línea es tangente con la curva de varianza mínima.

En este escenario, el portafolio estará compuesto por las siguientes actividades:

Figura 14. Composición del portafolio de mínima varianza en el escenario 2.

Varianza	0.0025
Rentabilidad	0.0700
Frijol	0.2012
Jitomate	0.0498
Chiles frescos	0.0664
Papa	0.0569
Cebolla	0.0375
Chile seco	0.0288
Calabacita	0.0028
Tomate verde	0.0815
Garbanzo	0.0845
Pepino	0.1055
Ajo	0.0160
Zanahori	0.1648
Elote	0.0000
Lechuga y col	0.0000
Nopales	0.1044



Fuente: Elaboración propia

Como se muestra en la figura anterior, a un nivel de rentabilidad de 7.00% que conlleva a un nivel de riesgo de 0.25%, el portafolio de varianza mínima estará compuesto por: 20.12% de frijol, 4.98% de jitomate, 6.64% de chiles frescos, 5.69% de papa, 3.75% de cebolla, 2.88% de chile seco, 0.28% de calabacita, 8.15% de tomate verde, 8.45% de garbanzo, 10.55% de pepino, 1.60% de ajo, 16.48% de zanahoria y 10.44% de nopales.

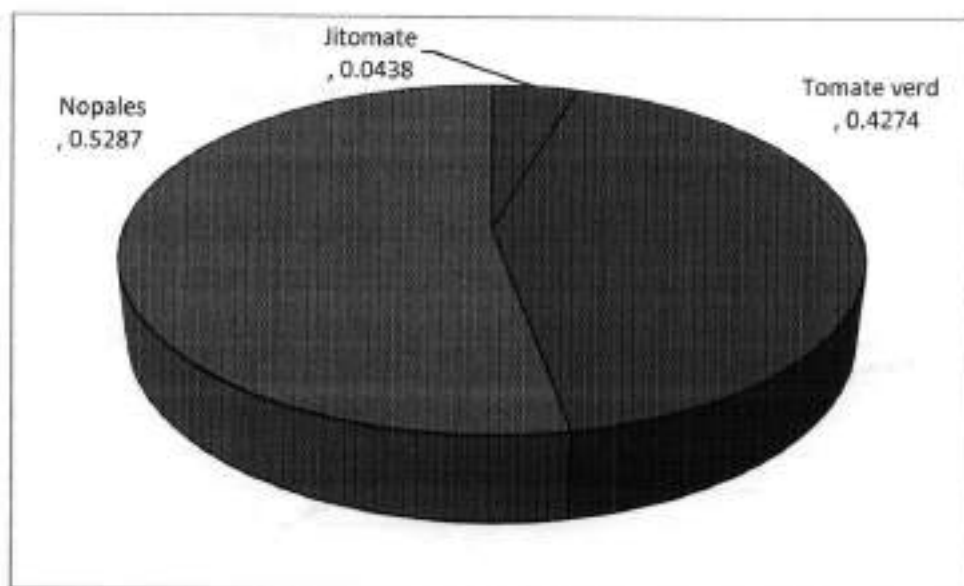
En este escenario, como se puede observar no incluye al elote ni a la lechuga y col; por lo que es notorio que a medida que incrementa el nivel de rentabilidad y por tanto el nivel de riesgo, van a estar excluyendo o incluyendo en diferentes proporciones a las distintas actividades evaluadas.

Escenario 3. Este escenario es más agresivo, es decir se exige un mayor nivel de rentabilidad, el cual tendrá un mayor nivel de riesgo, por lo que el portafolio estará conformado por aquellas actividades que por sí solas tienen poca volatilidad y menor variabilidad en su rentabilidad.

La siguiente gráfica muestra las actividades que se incluye en este portafolio:

Figura 15. Composición del portafolio de mínima varianza en el escenario 3.

Varianza	0.0349
Rentabilidad	0.1500
Frijol	0.0000
Jitomate	0.0438
Chiles frescos	0.0000
Papa	0.0000
Cebolla	0.0000
Chile seco	0.0000
Calabacita	0.0000
Tomate verde	0.4274
Garbanzo	0.0000
Pepino	0.0000
Ajo	0.0000
Zanahoria	0.0000
Elote	0.0000
Lechuga y col	0.0000
Nopales	0.5287



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la figura anterior, el portafolio estará compuesto por solo tres actividades, debido a que se exige un nivel de rentabilidad de 15%, por lo que su riesgo será de 3.49%; las actividades que toleran estos niveles son: jitomate con una participación de 4.38%, tomate verde con un 2.74% y nopales con un 52.87%.

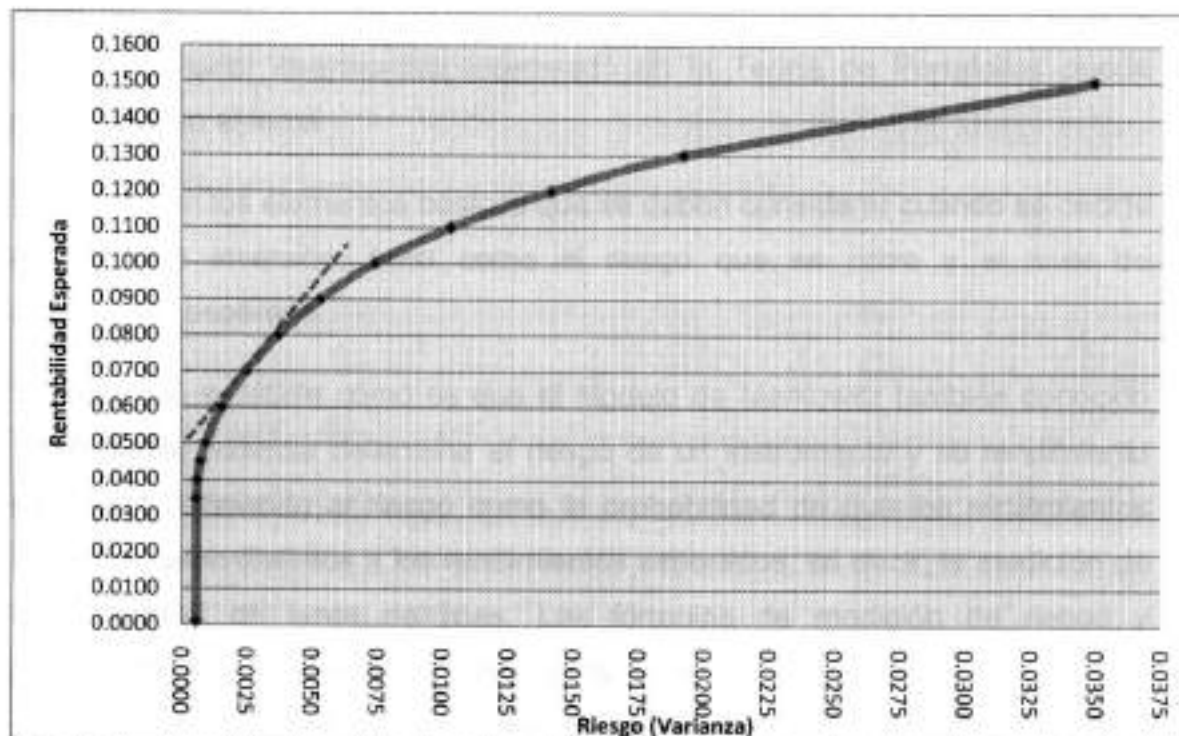
Portafolio de Tangencia

Se puede obtener un solo portafolio óptimo sobre la frontera eficiente por medio del cálculo de la línea del mercado de capitales, donde el portafolio óptimo es el punto de tangencia entre la línea del mercado de capitales y la frontera eficiente. Como este portafolio óptimo está sobre la frontera eficiente, entonces el punto de tangencia debe estar localizado en la recta con máxima pendiente, conformada con el punto de tasa libre de riesgo r y el punto de frontera eficiente.

Se considera una tasa libre de riesgo de 5% para el portafolio de tangencia. Tomando en cuenta que el inversionista dispone con un capital que tiene un costo de oportunidad y que puede asignar a otras actividades como por ejemplo, ahorrarlo en el banco.

La siguiente figura muestra la línea de mercado de capitales, cuyo valor en la ordenada es la tasa de rendimiento del activo libre de riesgo y es tangente a la curva de varianza mínima de los activos con riesgo.

Figura 16. Portafolio de tangencia



Fuente: Elaboración propia

El portafolio que toca la línea de mercado de capitales está conformado por un nivel de rentabilidad de 7 y un nivel de riesgo de 0.2460%, con las siguientes participaciones de las actividades: 20.12% de frijol, 4.98% de jitomat, 6.63% de chiles frescos, 5.68% de papa, 3.74% de cebolla, 2.88% de chile seco, 0.27% de calabacita, 8.14 de tomate verde, 8.44% de garbanzo, 1.54% de pepino, 1.60% de ajo, 16.47% de zanahoria y 10.44% de nopales.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

La teoría de portafolios de inversión realmente es muy amplia, en esta tesis se desarrolló el método conocido como Modelo de Markowitz y el CAPM, mediante el cual cualquier inversionista interesado en la Teoría de Portafolios puede adentrarse en el tema.

Se explicaron los elementos básicos que se deben considerar cuando se decide realizar una inversión, tales como el riesgo que se corre y el nivel de rendimiento esperado.

Se describió a detalle cómo es que el Modelo de Markowitz también conocido como media-varianza determina el riesgo de un instrumento y su rendimiento esperado, definiendo al riesgo como la probabilidad de que los rendimientos obtenidos sean distintos a los rendimientos esperados, es decir, la medición de la posibilidad de tener pérdidas. Las fórmulas de medición de riesgo y rendimiento de un solo instrumento posteriormente son generalizadas para el cálculo de n instrumentos, lo cual sería el cálculo del riesgo y rendimiento de un portafolio de inversión.

Mediante distintas situaciones, en las cuales intervienen dos distintos instrumentos de inversión, cada uno con sus respectivos rendimientos, se hace notar que el riesgo se puede disminuir, en ocasiones considerablemente cuando se invierte en más de un instrumento.

El Modelo de Markowitz determina a los portafolios eficientes. Un portafolio eficiente es aquel que para cierto nivel de riesgo dado, la proporción invertida en cada uno de los instrumentos que conforman al portafolio, permite obtener el máximo rendimiento, esto sugiere que existen otros muchos portafolios que considerando los mismos instrumentos de inversión, pero distintas proporciones, los rendimientos obtenidos son menores. El conjunto de Portafolios Eficientes se encuentran precisamente en la conocida como

Frontera Eficiente, donde se cumple que a mayor nivel de riesgo se tienen un mayor rendimiento esperado.

El modelo mediante el cual se determinan las proporciones idóneas, para algún nivel de riesgo dado, tal que maximiza los rendimientos esperados se puede realizar mediante el uso de distintos programas, tales como Lindo, Lingo e incluso Excel mediante la herramienta llamada Solver. Dichos programas permiten que la aplicación del Modelo de Markowitz no presente el mayor problema en cuanto al número de cálculos necesarios.

La frontera eficiente delimita el mínimo y máximo rendimiento que son posibles de obtener considerando ciertos instrumentos de inversión. En dado caso que el inversionista deseara correr mayores riesgos para obtener mayores rendimientos, tendría que considerar otros instrumentos de inversión.

Como se puede observar, la teoría de Portafolios de Inversión es muy amplia, los elementos que deben ser considerados al momento de diseñar un portafolio son realmente bastantes, entre ellos la duración, la convexidad, deltas, gammas, el VAR, el tracking error, razón de información, teoría de valores extremos, los métodos de simulación, etc. La complejidad y profundidad de cada uno de estos puntos impidió que fueran desarrollados en la presente tesis, sin embargo el lector debe estar consciente de esto y tener presente que incluso existen factores aunque importantes para diseñar un portafolio de inversión son difíciles de considerar en tal estudio.

De acuerdo a lo aplicado anteriormente se concluye que:

- ❖ Considerando un nivel de rentabilidad de 3.48% y un nivel de riesgo (varianza) de 0.05%, el portafolio de varianza mínima estará conformada por las siguientes hortalizas: 29.21% de frijol, 0.69% de jitomate, 0.49% de chiles frescos, 2.17% de papa, 14.90 % de chile seco, 1.05% de tomate verde, 19.40% de garbanzo, 2.09% de pepino, 15.46% de ajo, 3.51% de zanahoria, 4.20% de elote, 6.75% de lechuga y col, 0.10% de nopales.

- ❖ La Agricultura Mexicana requiere un esquema de diversificación con el propósito de enfrentar la volatilidad y el riesgo en las inversiones.
- ❖ El invernadero es un esquema de amortiguación de riesgo, debido a que en este sistema se tiene control de las variables técnicas.
- ❖ El invernadero solo controla variables técnicas y no variables de mercado como lo son los precios.
- ❖ Para afrontar el riesgo de mercado se propuso el concepto del Portafolio de Markowitz, el cual permite afrontar el riesgo No Sistemático.
- ❖ Para evaluar este tipo de riesgo se aplicó el portafolio de Markowitz a 15 hortalizas producidas en México que incluyen leguminosas, considerando que puede cultivarse en invernadero.
- ❖ El modelo se resolvió a través de un modelo de programación cuadrática que permite determinar el portafolio óptimo, que significa aquel de mínima varianza para diferentes niveles de rendimiento.
- ❖ El modelo permite confirmar la hipótesis que la búsqueda de mayor rentabilidad lleva consigo mayor riesgo, pero que éste riesgo es menor que si no se considera la diversificación.
- ❖ El modelo revela que en general las hortalizas aunque tiene mayor volatilidad para un cierto nivel de riesgo es la forma más eficiente para tener mayor rentabilidad.

6.2 Recomendaciones

En la toma de decisiones sobre inversiones hay cada vez más alternativas con niveles de rentabilidad más competitivas y acompañadas con un mayor riesgo. La diversificación en las inversiones facilita un manejo prudente frente al riesgo de la variabilidad en el retorno de la rentabilidad.

De acuerdo a los resultados, se recomienda que dado un nivel de rentabilidad de 3.48% y un nivel de riesgo (varianza) de 0.05%, el portafolio de varianza mínima estará conformada por las siguientes hortalizas: 29.21% de frijol, 0.69% de jitomate, 0.49% de chiles frescos, 2.17% de papa, 14.90 % de chile seco,

1.05% de tomate verde, 19.40% de garbanzo, 2.09% de pepino, 15.46% de ajo, 3.51% de zanahoria, 4.20% de elote, 6.75% de lechuga y 0.10% de nopales.

De igual forma, se recomienda que el inversionista elija el grupo de hortalizas que conforman el portafolio óptimo, es decir, el portafolio en el cual la línea de mercados de capitales sea tangente a la frontera eficiente. Dicho grupo de hortalizas está conformado por: 20.12% de frijol, 4.98% de jitomate, 6.63% de chiles frescos, 5.68% de papa, 3.74% de cebolla, 2.88% de chile seco, 0.27% de calabacita, 8.14% de tomate verde, 8.44% de garbanzo, 10.54% de pepino, 1.60% de ajo, 16.47% de zanahoria y 10.44% de nopales, asumiendo un nivel de rentabilidad de 7% y un nivel de riesgo de 0.2460%.

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Bravo Orellana, Sergio. **El capital asset pricing model (CAPM) Historia y fundamentos**. ESAN Ediciones Año 9, Número 17, Diciembre De 2004
- ❖ Cook, Roberta y Calvin, Linda. **Greenhouse Tomatoes Change the Dynamics of the North American Fresh Tomato Industry**. United States Department of Agriculture. Economic Research Report Number 2. Electronic Report from the Economic Research Service. www.ers.usda.gov April 2005.
- ❖ Cruz T. Eduardo Arturo. et. al. **Portafolio de inversión en acciones optimizado**. Scientia et Technica Año XI, No 27, Abril 2005. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701
- ❖ DAMODARAN, A., **Estimating Risk Parameters**, Stern School of Business, 1998, <http://www.stern.nyu.edu/~adamodar/pdfiles/papers/beta.pdf>, 14-02-2002
- ❖ Ehrhardt Michael C. **The Search for Value: Measuring the Company's Cost of Capital**. Oxford University Press, USA March 23, 1994.
- ❖ Grinblatt, Mark. **An Analytic Solution for Interest Rate Swap Spreads**. Yale School of Management Working Papers ysm39, Yale School of Management. 2002.
- ❖ García Vázquez, Claudia, et.al. **Carteras de Inversión con las Acciones: Cpo, B, A1, Bg, L**. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 2006.
- ❖ Guantes Ruiz, Jairo. **El mercado de los invernaderos en México. Notas Sectoriales**. Instituto Español de Comercio Exterior. Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México, Enero de 2006.

- ❖ Gutiérrez Jaramillo, Marta Lucía. et. al. **Gestión del riesgo en un portafolio de acciones**. Universidad de Medellín. Especialización en Gestión Financiera Empresarial. Medellín. 2005
- ❖ Markowitz, H.M. (1959). **Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments**. New York: John Wiley & Sons. (reprinted by Yale University Press, 1970, ISBN 978-0300013726; 2nd ed. Basil Blackwell, 1991, ISBN 978-1557861085).
- ❖ Ochoa, García Sandra Ibeth. **El modelo de Markowitz en la teoría de portafolios de inversión**. Unidad profesional interdisciplinaria de ingeniería y ciencias sociales y administrativas. Sección de estudios de posgrado e investigación. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. Mayo 2008.
- ❖ Pecar, Marina. **Teoría de portafolio: utilización para evaluar los riesgos agropecuarios**. Área de Portafolios Eficientes en la Oficina de Riesgo Agropecuario- SAGPyA. Buenos Aires, Argentina. 2008.
- ❖ Sharpe, William F. (1963). **A Simplified Model for Portfolio Analysis**. Management Science 9 (2): 277–93. doi:10.1287/mnsc.9.2.277
- ❖ VARIAN, H.: **Microeconomía intermedia: un enfoque actual**. Antoni Bosch, Barcelona, 4ª edición, 1996.
- ❖ Vélez Pareja, Ignacio. **Optimal portfolio selection: a note**. Facultad de Ingeniería Industrial. Politécnico Gran Colombiano. Bogotá, Colombia. Working Paper N 14. September 25, 2001.
- ❖ Villarreal Samaniego, J.D. **Administración Financiera II**. 2008 Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2008b/418/
- ❖ www.banxico.org.mx fuente consultada enero 2009
- ❖ www.focir.gob.mx "Producción de tomate en invernadero en México: un negocio competitivo y en expansión" fuente consultada el 15 de Enero de 2009.
- ❖ www.financiararural.gob.mx "La Producción de Hortalizas en México" fuente consulta el 3 de abril de 2009.
- ❖ <http://www.hortalizas.com/> Fuente consultada el 7 de febrero de 2009.

- ❖ http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/laguna/Informacion/07_10.pdf Fuente consultada el 15 de marzo de 2009.
- ❖ <http://www.hortalizas.com/noticias/?storyid=1147> fuente consultada el 29 de mayo de 2009.
- ❖ www.uaaan.mx/academic/Horticultura/.../Ponencia_04.pdf fuente consultada el 29 de mayo de 2009.

ANEXOS

Anexo 1. Base de datos. Variación de precios del INPP del Banco de México (1993-2008)

Variación de precios	Frijol	Jitomate	Chiles frescos	Papa	Cebolla	Chile seco	Calabacita	Tomate	Garbanz	Papino	Ajo	Zanahoria	Eloite	Lechuga y col
Ene 1993	0.00011	-0.15448	-0.09302	-0.06201	0.07990	-0.02935	-0.12884	0.22574	0.00177	0.01710	0.00000	-0.09690	-0.00282	0.00000
Feb 1993	0.01385	-0.10000	0.30217	-0.06663	0.00000	0.00000	0.09111	-0.12152	0.01192	0.06012	0.00000	0.08501	-0.03364	0.00000
Mar 1993	0.05213	0.09600	0.57000	-0.04289	-0.02400	-0.05963	-0.06110	0.25616	-0.01764	0.23880	0.00000	0.09572	0.00318	0.00000
Abr 1993	0.01293	0.24803	0.11252	-0.00446	-0.07638	0.22784	-0.13609	0.05527	-0.01346	0.03830	0.00000	-0.18366	-0.10756	0.00000
May 1993	-0.01434	0.03616	0.07489	0.07934	-0.01000	0.09520	0.02020	0.27315	-0.03389	-0.01255	0.00000	-0.02192	0.03279	0.00000
Jun 1993	0.00871	-0.18086	-0.07206	0.12800	0.01200	-0.06728	0.42280	0.51233	-0.01597	0.05354	0.00000	-0.01755	0.03522	0.00000
Jul 1993	-0.02426	0.00756	-0.35853	-0.00855	-0.08465	0.03600	-0.07724	0.22461	0.01572	-0.06583	0.00000	-0.05848	-0.06600	0.00000
Ago 1993	0.03447	0.09653	-0.22916	0.08816	-0.05652	-0.12582	-0.06784	-0.32308	-0.00594	0.03559	0.00000	-0.07779	-0.06150	0.00000
Sep 1993	-0.00417	-0.08221	0.35561	0.10551	0.08549	0.00850	0.03668	-0.41826	-0.09523	0.20574	0.00000	0.02297	0.05190	0.00000
Oct 1993	0.00199	-0.09334	0.32482	-0.05103	0.11142	0.02697	0.12209	-0.14817	-0.06512	0.12911	0.00000	0.05094	0.08083	0.00000
Nov 1993	0.00345	0.23888	0.01168	0.03977	-0.02995	0.03398	0.08476	0.27485	-0.01463	0.03477	0.00000	0.05032	0.16560	0.00000
Dic 1993	-0.02423	0.02169	-0.16753	0.06384	-0.02331	0.13273	-0.00549	0.01626	-0.01047	-0.19811	0.00000	0.01117	0.05714	0.00000
Ene 1994	0.00426	-0.05035	-0.19800	0.09504	-0.01164	-0.03235	0.17364	0.03028	-0.01152	0.13167	0.02027	0.10134	-0.02877	-0.05932
Feb 1994	0.01210	-0.05660	-0.11611	0.05552	-0.01982	-0.00411	0.01378	0.02468	0.01820	-0.08419	-0.05144	0.01201	-0.06970	-0.05749
Mar 1994	0.03804	0.01982	-0.03802	0.05833	-0.08520	-0.04031	0.01139	-0.01625	0.00455	-0.02669	-0.04501	0.02008	-0.03620	-0.03183
Abr 1994	-0.00339	0.00705	0.21052	0.03643	-0.04634	-0.01352	-0.06749	-0.06940	-0.02930	0.05637	-0.01236	0.00447	-0.03464	0.04605
May 1994	0.01189	0.01038	-0.05339	0.01285	0.00749	0.00116	-0.05908	0.08308	-0.01539	0.21069	-0.02378	0.10379	-0.05071	-0.00645
Jun 1994	0.01538	0.01377	-0.02196	0.07092	0.04076	0.01764	-0.03634	-0.04759	-0.00906	0.03297	0.11786	0.15806	0.02484	0.06516
Jul 1994	-0.02931	-0.02019	-0.00090	0.03298	0.06432	0.02593	0.03124	-0.02773	-0.02171	0.07607	0.07638	0.08446	-0.01790	0.03398
Ago 1994	-0.00330	0.01942	0.02111	0.01096	0.00998	0.06388	0.14669	-0.13922	-0.02033	0.00362	0.07262	0.12686	-0.03110	0.06102
Sep 1994	-0.01592	-0.01406	0.03451	-0.02280	0.03781	0.04322	0.11947	0.03525	0.01012	0.14208	0.11820	0.23902	0.03120	-0.01970
Oct 1994	-0.01363	0.07253	0.00223	-0.02092	0.02998	0.04411	0.04876	0.37882	0.03368	0.12604	0.14385	-0.12470	0.09749	-0.03201
Nov 1994	-0.01266	0.08893	-0.05934	-0.02081	0.03201	-0.00679	-0.00134	0.13668	0.04436	-0.05052	0.13064	-0.08504	0.11253	-0.03406
Dic 1994	0.01813	-0.09681	-0.08252	-0.01063	-0.04006	0.03778	0.05406	-0.07075	0.05717	0.07441	0.09643	-0.15003	0.05706	-0.00648
Ene 1995	0.00944	-0.01223	0.19078	0.00131	-0.01498	0.06776	0.03976	-0.14915	0.13066	0.13285	0.06135	-0.06875	-0.06883	-0.03603
Feb 1995	0.01089	-0.01500	0.37480	-0.06877	-0.03500	0.06249	-0.01103	-0.03269	0.14209	0.02259	-0.03852	-0.03356	-0.02111	0.03889
Mar 1995	0.01085	0.01888	0.09800	-0.05777	0.02897	0.00374	-0.10731	0.05145	0.16284	0.07010	-0.04734	-0.02381	-0.00714	0.08581
Abr 1995	-0.00765	-0.02025	0.35326	-0.05251	0.06510	0.03983	-0.05749	0.20665	0.02894	0.04750	0.01838	0.05868	0.02073	0.12955
May 1995	0.00871	0.10502	0.48324	0.08064	-0.02084	0.04528	-0.01283	0.05293	0.04235	-0.03004	-0.06368	0.10545	-0.06036	0.08206
Jun 1995	0.01024	0.13191	-0.14812	0.02077	-0.03008	0.06326	0.08633	-0.03529	0.06740	0.04558	-0.03631	0.04291	0.01814	0.00247
Jul 1995	-0.04008	-0.07888	-0.37853	0.06940	-0.02202	0.08343	0.05023	-0.08338	0.09716	0.03055	-0.03197	0.00823	-0.04691	0.03080
Ago 1995	0.02985	0.06481	-0.01547	0.04556	0.06233	-0.01171	0.15285	0.20113	0.07273	0.17654	0.05971	0.11279	0.00640	0.09210
Sep 1995	0.02534	0.20371	-0.15665	-0.05622	0.13982	-0.07330	0.20164	0.24197	0.09878	0.09138	0.07148	0.08148	0.03819	0.01321
Oct 1995	-0.01584	0.06993	0.14677	0.03077	0.00319	-0.01125	0.07321	0.00166	0.08752	-0.08110	0.09398	-0.03460	0.15017	0.07885
Nov 1995	0.09693	0.13753	0.10347	0.18188	-0.01632	0.02154	-0.11147	-0.06859	0.30072	-0.08180	0.06743	0.00091	0.13711	-0.06858

Fuente: Datos Obtenidos en el Banco de México

Continuación anexo1. Base de datos. Variación de precios del INPP del Banco de México (1993-2008)

Variación de precios	Frijol	Jitomate	Chiles frescos	Papa	Cebolla	Chile seco	Calabacita	Tomate verde	Garbanz	Pepino	Ajo	Zanahoria	Elote	Lechuga y col
Ene 1996	0.03462	-0.13942	-0.15525	0.10426	0.05337	0.05077	0.00421	-0.13995	0.10997	0.14849	0.09402	0.14419	0.06652	0.03193
Feb 1996	0.04493	-0.08868	-0.11953	-0.05726	0.08217	0.03480	-0.06517	-0.02600	0.15353	0.08765	0.09388	0.16089	0.01463	0.02895
Mar 1996	0.05284	0.13560	-0.13815	0.03702	-0.05191	0.06691	0.02145	0.56775	-0.00791	0.03772	0.01362	-0.06324	-0.05914	-0.06539
Abr 1996	0.26935	0.08638	0.05077	0.10774	-0.17955	0.01747	-0.13341	0.43674	-0.13972	-0.07816	-0.04587	-0.09105	-0.01841	-0.08668
May 1996	0.24053	0.09436	0.44339	0.07604	-0.08035	0.11964	-0.07117	-0.08550	-0.14238	-0.02007	-0.05703	-0.05479	-0.03889	0.00424
Jun 1996	0.08310	-0.01719	0.13229	-0.03989	-0.07834	0.01226	-0.08331	-0.22266	-0.04715	-0.05267	0.00454	-0.07297	-0.00156	0.01552
Jul 1996	0.06120	0.00603	-0.04670	0.02066	-0.05083	0.02388	0.01581	-0.31369	-0.00434	-0.09006	0.01243	-0.02760	-0.01369	0.06180
Ago 1996	0.04396	-0.07830	-0.17657	-0.05361	0.25271	0.02839	0.09672	-0.10631	-0.03037	0.04441	-0.03654	0.04129	-0.04479	0.10651
Sep 1996	0.01912	-0.04190	-0.08070	0.05264	0.59810	-0.01453	0.03155	-0.03900	-0.04382	0.11868	-0.01350	-0.00192	0.00373	-0.04994
Oct 1996	0.00719	0.06645	0.20579	-0.07666	0.07355	0.06531	0.24752	-0.12245	-0.02727	0.18589	0.02397	-0.04254	0.07302	0.00623
Nov 1996	-0.01310	-0.06529	0.64117	-0.06907	-0.08572	-0.00787	0.16189	0.02193	-0.03759	-0.08926	0.05159	-0.02973	0.12852	0.11061
Dic 1996	0.00382	-0.06000	-0.18381	-0.03041	-0.14385	0.06550	0.01944	0.46271	-0.15236	-0.23772	0.00101	0.12832	0.06913	0.03923
Ene 1997	-0.03424	-0.10613	-0.16902	0.11150	-0.12304	0.05293	0.41449	0.80554	-0.04599	0.09887	0.02765	0.05166	0.02930	0.01762
Feb 1997	-0.02669	-0.11155	-0.16541	-0.03174	-0.20357	0.01044	-0.23894	0.20806	-0.03758	0.04126	0.01634	0.06892	0.03567	-0.03810
Mar 1997	0.00771	0.37738	0.20368	-0.06721	-0.16599	-0.00069	-0.17374	-0.24238	-0.00054	-0.00727	-0.02229	0.18171	-0.12755	0.17255
Abr 1997	0.00127	-0.03073	0.08769	-0.03458	0.18858	0.00149	-0.09862	-0.25131	-0.00992	0.03311	-0.02038	-0.08071	0.00023	0.03617
May 1997	-0.01395	-0.08512	0.25036	-0.08694	0.03760	0.02283	-0.26953	-0.16959	0.00979	0.16497	-0.02949	-0.13336	-0.04423	0.05374
Jun 1997	0.00080	0.01103	-0.07023	-0.03074	0.15456	0.06686	0.05323	-0.07339	-0.03898	0.03793	-0.09585	0.02205	-0.07954	0.07466
Jul 1997	-0.03160	0.46365	0.03214	-0.05026	0.34586	0.21017	0.08969	0.73399	0.04455	-0.03853	-0.08814	0.07354	-0.02313	0.0745
Ago 1997	-0.00074	0.21408	-0.04471	-0.07430	0.07430	0.07935	-0.08777	0.28675	-0.02217	-0.07828	0.00653	0.08166	-0.00513	-0.03367
Sep 1997	-0.00812	-0.08926	0.11194	0.05887	0.09587	-0.00614	0.03583	-0.11404	-0.06977	-0.02982	0.04258	0.15906	0.01433	0.03146
Oct 1997	0.01647	-0.10295	-0.13659	0.00662	0.04388	0.01458	0.41950	-0.33447	-0.02384	-0.01072	0.02878	0.08284	0.08584	0.06226
Nov 1997	-0.00317	0.08224	0.02068	0.04212	-0.10758	0.00336	-0.03785	-0.11586	0.06372	-0.00469	0.06436	-0.11733	0.13084	-0.07020
Dic 1997	0.02147	0.12244	-0.17553	0.02874	-0.00837	0.02168	0.29110	0.13375	0.00871	-0.11758	0.03025	-0.08915	-0.10401	0.04650
Ene 1998	0.04887	-0.12173	0.08807	0.24102	0.30544	0.06798	0.40184	0.07167	-0.02028	0.44349	0.07439	-0.07509	0.08088	0.15428
Feb 1998	0.02514	-0.40362	0.06709	0.17649	0.57655	0.10991	-0.22306	-0.14367	0.09209	0.25146	0.00729	-0.01896	0.07308	0.28338
Mar 1998	0.02673	-0.12645	0.07667	0.12181	0.02604	-0.00160	-0.15946	-0.05980	0.03582	0.04866	0.06831	0.12598	-0.09593	0.12285
Abr 1998	0.00914	-0.01894	0.23530	0.06633	-0.11830	0.09285	-0.18021	0.32239	0.01568	-0.13529	-0.00305	-0.11221	-0.05155	0.01427
May 1998	0.03925	0.29411	0.31538	0.04602	-0.34527	0.23152	-0.20954	0.68090	-0.00788	-0.07528	-0.00333	-0.03807	-0.08044	0.00898
Jun 1998	0.04958	0.15567	0.04938	-0.05151	-0.27896	0.00944	0.07307	0.05266	0.00870	-0.04557	-0.14013	0.01653	-0.01710	-0.04721
Jul 1998	0.00296	0.26570	-0.16653	0.02351	0.05813	0.02481	0.34428	0.08681	0.01430	-0.05279	-0.03404	0.09980	0.05025	-0.02844
Ago 1998	0.06055	-0.14052	-0.47956	0.21125	0.15687	0.01119	0.09546	-0.24763	-0.00789	0.14100	0.00517	0.03664	0.01379	-0.08014
Sep 1998	0.05477	-0.04313	-0.05597	0.03772	0.06295	-0.09934	-0.04849	-0.34461	-0.00967	-0.02246	0.06471	-0.01362	-0.02394	-0.07222
Oct 1998	0.01904	0.40104	-0.01003	-0.02474	0.08583	-0.14678	0.23442	-0.05040	0.02863	0.12784	0.18352	0.03757	-0.03414	0.03131
Nov 1998	0.00897	0.19826	0.33555	-0.12396	0.13519	-0.05345	0.15525	0.47674	0.04265	0.12048	0.37520	-0.05633	0.07890	-0.00271
Dic 1998	0.00523	0.35470	0.19913	0.02920	0.19037	-0.00234	-0.10163	0.11217	0.03980	-0.20691	0.13094	-0.02161	0.14680	-0.05634

Fuente: Datos Obtenidos en el Banco de México

Continuación anexo1. Base de datos. Variación de precios del INPP del Banco de México (1993-2008)

Variación de precios	Frijol	Jitomate	Chiles frescos	Papa	Cebolla	Chile seco	Calabacita	Tomate verde	Garbanzo	pepino	Aja	Zanahoria	Elote	Lechuga y col
Ene 1999	-0.01872	0.09962	-0.13808	0.03848	-0.06333	-0.07294	-0.25355	0.09020	0.08326	-0.06194	0.14102	-0.00105	0.16641	-0.02567
Feb 1999	0.00842	-0.19546	-0.15240	0.01976	-0.15107	-0.05394	-0.02019	-0.07505	-0.01392	0.12377	0.00048	0.05154	0.19374	0.01440
Mar 1999	-0.00938	-0.30124	-0.11917	-0.02049	-0.11520	-0.01447	0.48497	-0.02333	-0.01079	0.19155	-0.00072	0.07213	-0.05901	-0.04667
Abr 1999	-0.05415	-0.10565	-0.07765	-0.02797	-0.15516	-0.06049	0.04301	0.04505	-0.03706	-0.03507	-0.02206	-0.03054	-0.07731	-0.03732
May 1999	-0.01943	0.10336	0.16392	-0.03336	-0.09958	-0.02326	-0.11232	-0.03024	-0.03461	-0.03600	-0.02516	-0.06280	-0.08450	0.04129
Jun 1999	-0.03032	0.08053	0.44518	-0.05696	-0.11790	-0.04959	-0.12544	-0.18319	0.09738	-0.09494	-0.06349	0.10332	-0.10364	0.00609
Jul 1999	-0.01398	0.15385	-0.11602	0.13370	0.06182	-0.06024	-0.04794	-0.00773	0.02760	0.03679	-0.05951	0.04778	-0.16124	0.06450
Ago 1999	-0.01157	-0.05638	0.00444	0.01011	0.08102	-0.07071	-0.03007	-0.02747	0.05337	0.12860	-0.07922	0.07713	0.00820	0.03363
Sep 1999	0.00941	0.09326	0.23694	-0.04518	-0.08008	-0.07618	0.24541	-0.23490	0.00962	-0.11194	0.05301	-0.04323	0.10888	0.00347
Oct 1999	-0.00883	-0.23384	0.11375	0.05132	0.03886	-0.06158	0.47161	0.03747	-0.00021	-0.26385	-0.03658	0.04814	0.11036	0.03363
Nov 1999	0.01411	0.02666	0.01403	-0.03236	-0.01676	-0.03803	-0.12795	-0.07926	0.02084	0.17910	0.00405	0.02668	-0.02931	-0.05843
Dic 1999	-0.00944	0.15940	-0.19036	-0.01016	-0.05606	0.00700	-0.28865	0.14892	0.00433	-0.10319	-0.07202	0.11168	-0.07567	0.18385
Ene 2000	-0.02084	-0.23030	0.13484	0.02475	-0.20109	0.07184	-0.27790	0.04373	-0.00233	-0.10319	-0.02556	0.14751	-0.14542	-0.09487
Feb 2000	-0.05171	-0.17048	-0.04789	-0.07186	-0.17584	0.03573	0.18643	0.52472	0.01876	0.25820	-0.09561	-0.01411	0.04536	-0.09592
Mar 2000	-0.03463	0.27794	-0.01022	-0.18118	-0.09630	-0.01627	-0.25433	0.83943	-0.00384	0.13179	-0.09219	0.14226	-0.01606	-0.06081
Abr 2000	0.05036	0.14126	0.06280	0.04501	0.13995	-0.02744	-0.18319	-0.00605	-0.00616	-0.09219	0.00291	0.14226	-0.01606	-0.06081
May 2000	0.01095	0.08784	0.14280	-0.01715	0.14837	0.18211	0.24688	-0.19148	0.00885	-0.13749	0.00291	0.14226	-0.01606	-0.06081
Jun 2000	0.06057	0.18225	0.19484	0.14445	0.19442	0.14157	-0.04106	-0.33555	0.02203	0.13569	-0.00051	0.02926	0.00916	0.06574
Jul 2000	0.00568	0.09086	-0.03284	-0.00211	-0.01453	0.00895	-0.10899	-0.07053	0.00202	0.12456	0.00479	-0.11288	0.00136	0.08412
Ago 2000	-0.02067	0.24439	-0.02144	-0.01215	-0.01025	0.05025	-0.13302	-0.16789	0.00060	-0.06236	-0.00194	-0.00848	-0.00987	0.03652
Sep 2000	-0.03618	-0.13857	-0.03969	-0.02775	0.24325	0.02966	0.13317	0.16061	0.01819	-0.00420	0.05460	0.14266	0.02340	-0.05296
Oct 2000	0.00503	0.05929	0.01576	-0.11214	-0.09071	-0.02073	0.40157	-0.16677	0.01044	-0.06361	0.03889	0.10739	0.04459	-0.03214
Nov 2000	-0.01108	-0.08843	0.29656	-0.06530	-0.08307	0.02365	0.32726	-0.10128	0.01431	0.10278	-0.06558	0.10739	0.04459	-0.03214
Dic 2000	-0.01164	0.22225	0.29530	0.01752	0.01192	0.00045	0.10165	0.31850	0.00093	0.12858	0.01045	-0.06423	-0.06127	-0.03258
Ene 2001	0.03063	-0.32937	-0.31190	0.06625	0.02568	0.03458	-0.00566	0.23520	0.00728	0.30033	-0.03210	0.06884	0.04909	0.03425
Feb 2001	-0.00710	-0.32335	-0.17470	-0.04250	-0.07394	0.04708	-0.21978	-0.12065	-0.04425	0.12185	-0.02214	0.01393	0.06999	-0.02235
Mar 2001	0.08314	0.42356	0.07408	-0.03513	-0.13437	0.11109	-0.21978	-0.12065	-0.04425	0.12185	-0.02214	0.01393	0.06999	-0.02235
Abr 2001	0.12184	-0.05426	0.17924	-0.07417	0.04976	0.06330	-0.17555	0.08354	-0.01541	-0.20494	0.01117	0.21246	0.04393	0.10830
May 2001	0.05552	0.05163	0.07417	0.04976	0.04976	0.06330	-0.17555	0.08354	-0.01541	-0.20494	0.01117	0.21246	0.04393	0.10830
Jun 2001	0.02411	0.06818	-0.16249	0.13449	-0.06374	0.00462	-0.09178	-0.37508	-0.02822	0.06775	0.00034	0.14116	-0.12696	-0.01272
Jul 2001	0.09026	0.03663	-0.17085	0.04876	0.04016	-0.03726	0.04780	0.15871	-0.02682	0.10288	0.00712	0.00728	-0.03510	0.04288
Ago 2001	0.13334	0.28330	-0.06152	-0.13491	-0.11760	-0.04065	0.24041	0.01448	-0.05087	0.22228	0.09232	0.13963	-0.06310	0.02288
Sep 2001	0.02974	0.07165	-0.05217	0.00472	0.28482	-0.05702	0.15334	-0.07162	-0.03931	-0.00083	0.01917	0.28127	0.05260	0.06425
Oct 2001	-0.03134	-0.17929	0.03289	0.05822	0.20085	-0.06278	0.46605	-0.04468	0.01919	0.06142	-0.01431	-0.04761	0.01739	-0.00571
Nov 2001	-0.03086	-0.01324	0.12012	0.02684	0.09916	-0.02169	-0.31648	0.02941	0.01141	0.00558	0.05926	-0.18108	0.11731	-0.16043
Dic 2001	0.00346	-0.03598	0.04722	0.08320	-0.02117	-0.02739	-0.15229	0.26194	-0.00809	-0.13252	0.09327	-0.08426	-0.00549	0.05167

Fuente: Datos Obtenidos en el Banco de México

Continuación anexo1. Base de datos. Variación de precios del INPP del Banco de México (1993-2008)

Variación de precios	Frijol	Jitomate	Chiles frescos	Papa	Cebolla	Chile seco	Calabacita	Tomate verde	Garbanz	Pepino	Ajo	Zanahoria	Etiote	Lechuga y col
Ene 2002	-0.00335	0.19422	-0.22129	0.34529	-0.14655	0.01474	0.23239	0.03404	-0.00085	0.04504	0.16098	-0.10642	0.03833	0.10154
Feb 2002	-0.09045	-0.49963	-0.11194	-0.00331	-0.19875	-0.00197	0.02928	-0.32633	-0.02977	0.15295	0.00602	0.01655	-0.03321	-0.01427
Mar 2002	-0.01079	0.20066	0.19007	-0.10542	-0.02785	0.01411	0.13637	0.02078	-0.00312	0.03821	0.04970	-0.16943	0.01087	-0.09577
Abr 2002	-0.00775	-0.00733	0.34185	-0.04980	0.13672	0.03524	-0.11284	0.45061	-0.00349	0.05063	0.01246	-0.05337	-0.02119	-0.05941
May 2002	0.00904	0.20830	0.46349	0.04034	-0.03531	0.04232	-0.08063	-0.22005	0.00394	0.00149	-0.04597	0.07211	-0.03058	0.05675
Jun 2002	0.00700	0.13669	-0.30465	0.10885	0.18368	0.10177	-0.10267	0.09505	0.00820	0.11729	-0.04168	0.18772	0.02868	0.06515
Jul 2002	0.02134	0.02124	0.06465	0.07508	0.21574	0.03806	0.32119	0.19300	0.01878	0.08682	-0.00092	-0.08667	0.05058	0.11659
Ago 2002	-0.01113	-0.16136	-0.00285	-0.05240	0.06147	-0.00827	-0.09374	-0.00166	-0.00048	0.11104	-0.01794	0.03603	-0.10437	0.00459
Sep 2002	-0.03061	0.00394	-0.08734	-0.08388	0.10719	-0.04143	0.04908	-0.34409	-0.01763	0.08585	0.06830	0.05919	0.03129	0.03029
Oct 2002	-0.05870	0.03280	-0.08988	0.02319	-0.08773	-0.08149	0.48253	0.11320	0.14606	0.06918	0.00511	-0.04646	-0.02069	-0.07772
Nov 2002	-0.04037	0.27936	0.17826	-0.01207	0.03727	0.01285	0.66396	0.58451	-0.07282	0.11124	0.00774	-0.04024	0.08945	0.04989
Dic 2002	-0.02280	0.28499	0.06733	-0.03545	-0.01235	0.00605	-0.15872	-0.19951	0.03109	0.18540	-0.01553	0.02036	-0.00425	0.23340
Ene 2003	-0.03180	-0.35327	-0.21602	0.06195	0.10799	0.00576	-0.41229	-0.36088	-0.02584	0.02403	-0.01498	0.18357	0.04821	0.06983
Feb 2003	-0.01046	-0.28657	-0.22453	-0.00310	0.03114	-0.01548	-0.26376	0.00287	0.00127	0.03728	0.00202	0.07338	-0.08307	-0.08547
Mar 2003	0.00544	0.42529	-0.05890	-0.02999	-0.19711	-0.01597	0.07841	0.86493	0.00392	0.15979	0.01205	-0.00450	-0.01890	-0.20571
Abr 2003	-0.00056	-0.12760	0.02142	0.36547	-0.10105	0.03321	0.02649	0.59202	0.02138	0.19162	-0.01344	0.10344	0.01157	-0.03645
May 2003	-0.03460	0.29698	0.23872	0.03503	-0.15242	0.09910	-0.02005	0.52046	-0.02193	0.23473	-0.01553	0.12463	-0.00125	-0.06265
Jun 2003	0.02060	-0.04327	0.14462	0.08208	-0.07365	0.04029	-0.05917	0.00564	0.01747	0.01355	-0.05419	-0.11963	0.03340	0.05830
Jul 2003	-0.02065	0.21840	-0.09752	-0.14593	0.04490	0.00265	0.01760	-0.14685	0.02065	-0.23088	0.02642	-0.13673	-0.00689	0.05305
Ago 2003	-0.01288	-0.00193	-0.16058	-0.09168	-0.02874	0.01643	0.05523	0.06104	-0.03648	0.12236	-0.12406	-0.08174	-0.01544	-0.07944
Sep 2003	-0.03092	0.00314	0.17327	-0.06148	0.26613	-0.06273	0.16048	0.35806	0.01087	0.08372	0.01505	0.01297	-0.00082	-0.02693
Oct 2003	-0.00746	0.01350	0.12346	0.01136	0.32924	-0.00710	0.27835	0.31228	-0.00585	0.11211	0.09307	0.02079	0.04014	0.03917
Nov 2003	0.00418	-0.01385	0.16251	-0.05122	0.17089	0.04647	-0.12113	0.21740	0.01157	-0.16957	0.00828	-0.02705	-0.00753	0.00876
Dic 2003	-0.01797	0.29490	-0.08292	0.01878	0.08517	0.01477	0.30996	-0.49467	0.01793	-0.28340	-0.02605	0.13363	0.13897	0.08479
Ene 2004	0.04073	-0.40812	-0.14879	0.10338	-0.09601	0.06489	0.40774	0.30584	0.13603	0.40918	-0.00470	0.06094	0.14534	0.17879
Feb 2004	-0.01061	-0.22285	-0.07710	0.14955	-0.23334	0.01644	-0.05139	1.44574	0.10218	-0.04185	0.02773	0.02590	-0.15623	-0.13652
Mar 2004	-0.02776	0.02157	0.07397	-0.12388	-0.37098	0.03656	-0.30190	-0.20016	0.02133	0.18177	0.08418	-0.02883	-0.00768	-0.13894
Abr 2004	0.03387	0.32879	0.41524	-0.09233	-0.33190	0.08425	-0.33580	-0.55636	0.05513	-0.08330	0.00290	-0.11619	-0.06942	-0.13028
May 2004	-0.01889	0.27700	-0.09265	-0.07050	-0.08022	0.05127	-0.03945	-0.33245	0.10696	-0.19262	0.00753	-0.10064	-0.01158	-0.00294
Jun 2004	0.06842	-0.22084	0.08397	-0.04368	0.26207	0.00987	0.32976	0.19337	0.07719	0.28020	-0.01893	0.04688	-0.00966	0.15734
Jul 2004	-0.00011	-0.02329	0.10676	-0.09016	0.15600	-0.01961	0.03595	0.04183	0.04627	0.22022	-0.09923	-0.04557	-0.02794	0.05239
Ago 2004	0.04025	0.39542	-0.05470	0.03490	0.14519	-0.02286	0.03781	0.25166	0.00998	0.12388	-0.07228	0.04572	0.00981	-0.00136
Sep 2004	-0.02242	0.35802	-0.02517	0.04443	0.56003	-0.05420	-0.04708	0.04455	-0.04683	-0.03393	0.03713	0.04525	-0.03798	0.09617
Oct 2004	0.05496	0.19138	-0.16948	0.06164	-0.03252	0.01689	0.04732	-0.07315	0.03158	-0.16268	0.01863	0.08776	0.10882	0.16876
Nov 2004	-0.00545	0.05523	-0.01954	-0.00536	0.08882	0.06662	0.14901	0.09210	0.04543	-0.05350	-0.00515	0.15306	0.39179	-0.03454
Dic 2004	0.00296	-0.35617	-0.06498	-0.09847	-0.06341	0.04229	-0.03319	-0.04892	-0.01460	-0.18329	0.03215	0.07229	-0.01513	0.05882

Fuente: Datos Obtenidos en el Banco de México

Continuación anexo 1. Base de datos. Variación de precios del INPP del Banco de México (1993-2008)

Variación de precios	Frijol	Jitomate	Chiles frescos	Papa	Cebolla	Chile seco	Calabacita verde	Tomate	Garbanzo	Pepino	Ajo	Zanahoria	Flote	Lechuga y col
Ene 2005	-0.03590	-0.56906	-0.19163	0.00212	-0.21314	-0.01151	-0.10553	0.42258	0.01637	-0.06517	0.01528	-0.01586	-0.14905	-0.10186
Feb 2005	0.01516	0.05966	0.04101	-0.04518	-0.21200	0.05318	-0.01658	0.72308	-0.03625	0.09663	0.00976	-0.06460	-0.03305	-0.06072
Mar 2005	-0.01515	0.36412	0.42994	-0.08335	0.02225	0.00696	0.36869	0.05938	0.02326	0.42456	0.16135	-0.02641	0.00613	-0.04397
Abr 2005	0.02085	0.85398	0.47919	-0.00229	0.62458	-0.00797	-0.04439	0.13191	0.00262	0.13348	-0.03569	-0.08149	-0.06800	0.02952
May 2005	0.05825	0.30348	-0.02848	0.09409	0.03694	-0.01518	-0.24083	0.05883	-0.00541	0.17456	-0.11105	-0.02915	0.03391	0.02014
Jun 2005	-0.00349	-0.34074	-0.23591	0.27355	-0.01633	0.01930	-0.14463	0.28878	0.01152	-0.08083	0.05523	0.11169	-0.02927	-0.15563
Jul 2005	0.08347	0.04540	-0.02261	0.20094	0.00900	-0.00177	0.15143	0.02032	0.00668	-0.03127	-0.00714	0.13564	0.07379	-0.18733
Ago 2005	0.05480	-0.33744	0.07545	0.07307	0.21720	0.00469	0.17342	-0.16590	0.02430	0.00019	-0.03463	0.20606	0.02170	-0.09743
Sep 2005	0.02636	0.03395	-0.06848	0.19758	-0.18015	-0.03843	-0.25860	-0.15738	-0.02783	0.11329	-0.00493	0.05177	-0.05008	-0.05014
Oct 2005	-0.01257	-0.07471	0.06441	-0.00055	-0.26689	-0.11467	0.17511	-0.40575	0.00313	0.10251	0.01639	-0.05544	0.01185	-0.07576
Nov 2005	0.00223	-0.10812	0.06571	-0.18201	-0.19101	-0.00946	0.08050	0.34631	0.01940	0.12347	0.03986	-0.22871	0.00490	0.06050
Dic 2005	0.01807	0.64410	-0.11587	-0.06173	0.07127	-0.02133	0.00615	0.21396	-0.00343	0.17586	0.03703	-0.15439	0.14474	0.09596
Ene 2006	0.00671	0.17802	-0.05862	0.07474	-0.01127	0.02266	0.11577	-0.21396	0.01445	-0.13630	-0.00248	-0.04753	0.05677	-0.03283
Feb 2006	-0.00353	0.00070	-0.23051	-0.10624	-0.04935	0.02701	0.08908	-0.15699	0.01277	-0.13229	0.03399	0.05705	-0.05379	0.00068
Mar 2006	0.00099	-0.30462	-0.11288	-0.09221	0.03046	-0.01021	-0.11373	0.15003	-0.00404	0.07942	-0.06169	-0.08332	-0.10594	0.04121
Abr 2006	0.01538	0.01597	0.04713	0.05846	0.08694	-0.03404	-0.21006	0.11435	-0.01784	0.36334	-0.02923	0.01840	-0.05277	-0.10200
May 2006	0.02963	0.12082	0.10975	0.28994	-0.10024	0.03005	0.05650	0.07385	-0.03427	-0.25796	0.01150	0.25895	0.03473	0.02344
Jun 2006	0.03495	-0.12073	0.06178	-0.02237	-0.07223	0.05911	-0.03080	-0.07887	-0.09530	-0.25303	-0.02734	0.04265	-0.03745	-0.00089
Jul 2006	0.00582	-0.22589	-0.03320	0.04684	0.08971	0.00567	-0.07407	-0.15120	0.01282	0.01206	0.00861	0.07537	0.09623	-0.06315
Ago 2006	-0.02382	0.25444	0.10215	-0.08424	0.59995	-0.04277	0.30754	0.35650	0.00084	0.18541	0.01414	0.04515	-0.00855	0.03580
Sep 2006	-0.01652	1.05491	0.14705	-0.06899	0.25365	-0.10606	0.23887	0.38591	-0.00490	0.44740	0.03127	0.01094	-0.05352	-0.00159
Oct 2006	-0.01498	0.27073	0.08921	-0.07324	0.17788	-0.04194	-0.14386	0.46500	-0.01667	0.09771	0.01234	0.00514	0.01302	-0.04096
Nov 2006	-0.03295	-0.38410	0.17550	-0.11916	0.35883	-0.03001	-0.06069	0.19441	-0.01894	-0.14724	0.00857	0.05885	0.04603	0.11697
Dic 2006	-0.05746	-0.08538	0.05719	-0.01832	0.41245	0.00450	0.10607	-0.25124	0.00936	-0.11848	0.00519	-0.04212	0.13999	-0.14133
Ene 2007	-0.04020	-0.24822	-0.22407	0.04916	0.19129	-0.03466	0.30746	-0.49717	0.02969	0.05511	0.00711	0.11875	-0.00683	-0.02222
Feb 2007	-0.02485	-0.24504	-0.01195	0.04553	0.07166	-0.02092	0.02430	0.12270	0.06561	0.16516	0.04383	0.29535	-0.03112	0.03322
Mar 2007	-0.00984	-0.24534	-0.02326	-0.11711	0.17247	0.01772	-0.26412	0.01217	0.00358	0.40736	0.07548	0.01370	-0.00811	-0.09395
Abr 2007	-0.01231	0.36300	0.06449	-0.02910	-0.18608	0.04459	-0.17205	-0.03447	-0.00758	-0.22682	-0.01943	-0.25044	0.02212	-0.04379
May 2007	-0.02288	0.20623	0.34535	-0.04206	-0.73462	0.06339	-0.11473	0.33365	-0.03115	-0.23622	0.00529	-0.20197	0.03806	-0.04140
Jun 2007	0.00886	-0.19406	-0.07889	-0.05460	-0.20057	-0.05667	-0.00733	0.02691	0.09351	-0.10827	-0.01024	-0.15214	0.03853	-0.07308
Jul 2007	0.02749	0.41561	-0.01682	-0.02538	-0.01787	0.04298	0.36906	0.18348	0.00746	0.09508	-0.11645	0.06949	0.02805	0.21953
Ago 2007	0.01638	0.08379	0.04603	0.06011	0.10667	0.03349	-0.11534	0.51773	-0.00434	0.47635	0.00522	-0.03242	-0.00920	0.14618
Sep 2007	-0.00234	0.46740	0.11538	0.07089	-0.14722	0.02918	0.06708	-0.01974	0.00638	-0.01031	0.04841	0.08813	-0.02945	0.00756
Oct 2007	0.01056	-0.17785	-0.03549	0.02014	0.41251	0.02909	0.01893	-0.26747	0.00501	-0.01765	0.09667	0.07667	0.09625	-0.01830
Nov 2007	0.00770	-0.13945	0.07290	0.05521	0.14843	0.00638	0.26616	0.22414	-0.01294	-0.12070	0.04359	0.08268	0.19482	0.07661
Dic 2007	0.02054	0.00515	-0.17886	0.08047	0.13985	-0.01286	-0.38233	-0.22032	0.02499	-0.15531	0.13785	0.07962	0.02959	0.00771

Fuente: Datos Obtenidos en el Banco de México

Continuación anexo 1. Base de datos. Variación de precios del INPP del Banco de México (1993-2008)

Variación de precios	Frijol	Jitomate	Chiles frescos	Papa	Cebolla	Chile seco	Calabacita	Tomate verde	Garbanz	Pepino	Ajo	Zanahoria	Elote	Lechuga y col
Ene 2008	0.02854	-0.02897	-0.20152	-0.03445	-0.06988	-0.00532	0.16770	0.22288	0.00636	0.21004	0.01932	-0.05236	-0.03430	-0.12097
Feb 2008	0.01011	-0.40107	-0.05557	0.05397	-0.17677	-0.01842	0.03348	1.15107	-0.03801	-0.04715	-0.02889	-0.22756	0.03248	-0.13478
Mar 2008	0.01473	0.29080	0.18509	-0.09732	-0.09923	0.01882	0.36943	0.20789	0.00678	0.15620	0.01383	-0.11837	0.02018	-0.05722
Abr 2008	0.10651	0.38223	0.28266	-0.05911	0.14950	0.02480	-0.10053	-0.01987	-0.00268	-0.15429	-0.06194	0.01225	-0.05221	0.01795
May 2008	0.09866	-0.20492	0.03279	0.07386	0.00763	0.03886	-0.22875	-0.47302	0.01492	-0.12927	-0.14433	0.05862	0.03261	0.09612
Jun 2008	0.05334	-0.00203	-0.03752	0.05148	-0.12210	0.05791	-0.09401	-0.14739	0.00551	0.05632	-0.14367	0.23681	0.03081	0.00514
Jul 2008	0.07873	0.32044	0.10101	0.04592	0.12484	-0.01675	0.24937	-0.02074	0.01339	-0.10782	-0.01372	0.04784	0.02212	0.03838
Ago 2008	0.00055	-0.18029	-0.10674	-0.02460	0.60717	-0.00631	-0.06538	-0.04509	0.03983	0.09160	-0.01004	0.11652	-0.06246	-0.05735
Sep 2008	0.05113	-0.11383	-0.02389	-0.00017	0.66849	0.02139	0.24370	0.04153	0.00273	0.17977	0.04993	0.30342	-0.11693	0.07103
Oct 2008	0.00173	0.08876	-0.05082	0.00701	0.18687	-0.01254	0.05666	-0.10543	-0.00623	0.30710	-0.01170	0.09862	0.03104	0.04318
Nov 2008	-0.06928	0.28757	0.43537	0.02861	-0.21426	0.06287	-0.02803	0.71248	-0.03610	0.01837	0.00645	-0.04153	-0.02659	-0.09144
Dic 2008	0.04916	0.12216	-0.03957	0.036345	-0.2536	0.01429	0.07957	0.21168	-0.03074	-0.0478	0.050424	-0.20398	0.14796	0.0017

Fuente: Datos Obtenidos en el Banco de México

Anexo 2. Matriz de Varianza y Covarianza de las 15 actividades productivas.

HORTALIZA	Frijol	Jitomate	Chiles frescos	Papa	Cebolla	Chile seco	Calabacita	Tomate verde	Garbanzo	Pepino	Ajo	Zanahoria	Elote	Lechuga y col	Nopales
Frijol	0.00187	0.00093	0.00054	0.00074	-0.00001	0.00040	-0.00038	-0.00043	-0.00025	0.00006	-0.00032	0.00032	0.00003	0.00019	-0.00099
Jitomate	0.00093	0.00165	0.01219	-0.00279	0.00098	-0.00023	0.00358	0.00561	-0.00054	0.00009	0.00028	-0.00316	-0.00004	0.00075	0.00898
Chiles frescos	0.00064	0.01219	0.03429	-0.00364	0.00043	0.00300	-0.00148	0.00237	-0.00022	0.00202	0.00009	-0.00169	-0.00031	0.00101	0.00073
Papa	0.00074	-0.00279	-0.00364	0.00753	0.00023	0.00041	-0.00037	-0.00061	0.00011	-0.00121	0.00002	0.00223	0.00083	0.00053	0.00327
Cebolla	-0.00001	0.00098	0.00043	0.00023	0.03536	-0.00081	0.00558	-0.00408	0.00043	0.00593	0.00095	0.00493	0.00133	0.00385	0.00532
Chile seco	0.00040	-0.00023	0.00100	0.00041	-0.00081	0.00313	-0.00079	0.00086	0.00002	-0.00123	-0.00059	0.00060	0.00018	0.00031	-0.00078
Calabacita	-0.00038	0.00358	-0.00148	-0.00037	0.00558	-0.00079	0.03526	0.00791	0.00006	0.00590	0.00174	0.00080	0.00307	0.00143	0.01371
Tomate verde	-0.00043	0.00561	0.00237	-0.00061	-0.00408	0.00086	0.00791	0.08932	-0.00080	0.00567	0.00050	-0.00409	-0.00114	-0.00401	-0.00343
Garbanzo	-0.00025	-0.00054	-0.00022	0.00011	0.00043	0.00002	0.00006	-0.00080	0.00261	0.00055	0.00046	-0.00004	0.00049	0.00014	0.00065
Pepino	0.00006	0.00009	0.00202	-0.00121	0.00593	-0.00123	0.00590	0.00567	0.00055	0.02194	0.00105	-0.00041	-0.00071	-0.00008	-0.00498
Ajo	-0.00032	0.00028	0.00009	0.00002	0.00095	-0.00059	0.00174	0.00050	0.00046	0.00105	0.00386	-0.00033	0.00104	-0.00035	0.00200
Zanahoria	0.00032	-0.00316	-0.00169	0.00223	0.00493	0.00060	0.00080	-0.00409	-0.00004	-0.00041	-0.00033	0.01045	0.00000	0.00145	-0.00204
Elote	0.00003	-0.00004	-0.00031	0.00083	0.00133	0.00018	0.00307	-0.00114	0.00049	-0.00071	0.00104	0.00000	0.00533	0.00071	0.00634
Lechuga y col	0.00019	0.00075	0.00101	0.00053	0.00385	0.00031	0.00143	-0.00401	0.00014	-0.00008	-0.00035	0.00145	0.00071	0.00612	0.00335
Nopales	-0.00099	0.00898	0.00073	0.00327	0.00532	-0.00078	0.01371	-0.00343	0.00065	-0.00498	0.00200	-0.00204	0.00634	0.00335	0.00949

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México

Anexo 3. Datos del modelo de optimización para resolver a través de solver.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
38																				
39																				
40																				
41																				
42																				
43																				
44																				
45																				
46																				
47																				
48																				
49																				
50																				
51																				
52																				
53																				
54																				
55																				
56																				
57																				
58																				
59																				
60																				
61																				
62																				
63																				
64																				
65																				

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4. Formulas del modelo de optimización para resolver a través de solver.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				
32																				
33																				
34																				
35																				
36																				
37																				
38																				
39																				
40																				
41																				
42																				
43																				
44																				
45																				

Fuente: Elaboración propia.