



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEXCOCO

**“FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PEPINO
PERSA (*Cucumis sativus L.*) EN INVERNADERO, PARA
LA EMPRESA INTEGRADORA GROMICH S. DE P.R. DE
R.L. DE C.V.”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ECONOMÍA

P R E S E N T A:

ARTURO SAMUEL AGUILAR CUEVAS

DIRECTORA: DRA. en C. ESTHER FIGUEROA
HERNÁNDEZ

REVISORES :

DR. en C. LUIS ENRIQUE ESPINOSA TORRES
DR. en C. ORSOHE RAMÍREZ ABARCA

TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO, AGOSTO DE 2020.

“FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE PEPINO PERSA (*Cucumis sativus L.*) EN INVERNADERO, PARA LA EMPRESA INTEGRADORA GROMICH S. DE P.R. DE R.L. DE C.V.”

RESUMEN

La producción de hortalizas es una de las fuentes generadoras de ingresos y de empleos en México, para el caso del cultivo de pepino persa (*Cucumis sativus L.*) bajo condiciones de invernadero ha demostrado ser una actividad beneficiosa para los agricultores. Con base en lo anterior, el objetivo del trabajo consistió en analizar la relación que existe entre la producción de pepino persa y el paquete nutricional. Para lo cual, se elaboró una función de producción cúbica utilizando el Paquete Estadístico SAS. Los resultados obtenidos fueron que la máxima eficiencia técnica se obtuvo cuando se aplicaba un paquete nutricional de 22,503.56 kilogramos por hectárea con una producción de 8,410.42 cajas de pepino persa, lo que corresponde al inicio de la etapa II.

Palabras clave: Función de producción cúbica, máxima eficiencia técnica, pepino persa, invernadero.

**“FUNCTION OF PRODUCTION OF THE CULTIVATION OF PERSIAN
CUCUMBER (*Cucumis sativus L.*) IN GREENHOUSE, FOR THE INTEGRATING
COMPANY GROMICH S. DE P.R. DE R.L. DE C.V.”**

ABSTRACT

Vegetable production is one of the sources of income and employment in Mexico, in the case of the cultivation of Persian cucumber (*Cucumis sativus L.*) under greenhouse conditions, it has proven to be a beneficial activity for farmers. Based on the above, the objective of the work was to analyze the relationship between the production of Persian cucumber and the nutritional package. For this, a cubic production function was developed using the SAS Statistical Package. The results obtained were that the maximum technical efficiency was obtained when applying a nutritional package of 22,503.56 kilograms per hectare with a production of 8,410.42 boxes of Persian cucumber, which corresponds to the beginning of stage II.

Keywords: Cubic production function, maximum technical efficiency, Persian cucumber, greenhouse.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	II
ABSTRACT.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	V
ÍNDICE DE GRÁFICAS	VI
DEDICATORIAS	VII
AGRADECIMIENTOS	IX
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Planteamiento del problema.....	11
1.2 Objetivos.....	11
1.3 Hipótesis.....	12
II. ANTECEDENTES.....	13
2.1 Producción de hortalizas a nivel mundial.....	13
2.2 Producción de hortalizas en México	14
2.3 Pepino persa.....	16
2.3.1 Producción de pepino a nivel mundial.....	17
2.3.4 Producción nacional	21
2.3.6 Producción de la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V.....	23
2.4 Revisión de literatura.....	28
III. MARCO TEÓRICO	31
3.1 Economía	31
3.2 Microeconomía	31
3.3 Modelo	31
3.4 Modelo económico.....	32
3.5 Econometría.....	32
3.6 Modelo econométrico	32
3.7 Función de producción.....	33
3.8 Función uniecuacional.....	33
3.9 Función de producción cúbica	33
3.10 Producto medio.....	34
3.11 Producto marginal	34
3.12 Elasticidad de la producción	34
3.13 Relación entre el producto total, medio y marginal.....	35
3.14 Etapas de la función de producción	35

3.15	Regresión Lineal Múltiple.....	37
3.16	Mínimos Cuadrados Ordinarios	38
3.17	Análisis de varianza	39
IV.	METODOLOGÍA	42
V.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
5.1	Análisis estadístico	44
5.2	Análisis económico	46
VI.	CONCLUSIONES.....	50
VII.	RECOMENDACIONES	51
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Producción de hortalizas en México, 2014-2017.....	15
Tabla 2.	Exportaciones e importaciones de hortalizas en México, 2017	16
Tabla 3.	Producción de pepinos en México, 2008-2018.....	20
Tabla 4.	Producción nacional de pepinos, 2018.....	21
Tabla 5.	Descripción de ciclos de producción de Gromich.....	24
Tabla 6.	Características de calidades del pepino persa	25
Tabla 7.	Análisis de varianza (ANOVA).....	40
Tabla 8.	Análisis de varianza del pepino persa	45
Tabla 9.	Estimación de parámetros obtenidos en SAS	46

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Producción mundial de hortalizas, 2014-2017	13
Gráfica 2. Principales productores de hortalizas a nivel mundial, 2017	14
Gráfica 3. Producción de hortalizas en México, 2017	15
Gráfica 4. Producción de pepino a nivel mundial, 2008-2018	18
Gráfica 5. Porcentaje de producción de pepino a nivel mundial por continente, 2018	18
Gráfica 6. Principales productores de pepinos a nivel mundial, 2018	19
Gráfica 7. Producción de pepinos en México, 2018	20
Gráfica 8. Mayores productores de pepinos en México, 2018.....	22
Gráfica 9. Principales productores de pepinos en México, 2018.....	23
Gráfica 10. Relación funcional del paquete nutricional con la producción de pepino	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Una planta de pepino persa lista para cosechar	17
Figura 2. Caja de pepino persa calidad Extra-Fancy.....	25
Figura 3. Pepino persa calidad Extra-Fancy	26
Figura 4. Caja de pepino persa calidad Fancy	26
Figura 5. Pepino persa calidad Fancy	27
Figura 6. Pepino persa calidad Medium	27
Figura 7. Pepino persa calidad Choice.....	28
Figura 8. Relaciones entre PT, PMe Y PMg, etapas de la función de producción	36
Figura 9. Etapas de la función de producción de pepino persa.....	49

DEDICATORIAS

A Dios: Gracias por permitirme continuar en es este camino llamado vida, por darme la sabiduría, la resiliencia, la salud, la paz, el amor, por escucharme siempre que lo necesito.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí.

A mi amada madre Blanca Gabriela Cuevas: gracias por tu gran cariño, por tu inmenso apoyó siempre has estado conmigo en cada paso que doy, corrigiéndome cuando es necesario, tú me enseñas el valor de la honestidad, el trabajo, ir siempre por el camino de correcto a pesar de las circunstancias, gracias a ti soy una persona de bien, tú que has luchado incasablemente a mi lado dándome amor y cariño, a ti te dedico mis triunfos y victorias, todo mi esfuerzo es gracias a ti madre amada.

A mi padre querido Arturo Aguilar Sánchez: gracias por tu inmensa comprensión, siempre estas presenten en cada paso que doy, apoyando mis logros y guiándome por el camino adecuado, me enseñas el valor de la humildad y trabajo honrado, agradezco tus consejos, llamadas de atención pues forjaste en mí una persona de bien, gracias a ti padre querido por tu apoyo incondicional, todo mi trabajo es por ti padre, te quiero.

A mi hermano Gabriel Jesús Aguilar Cuevas: agradezco el gran apoyó que me brindas día a día pues eres una persona fundamental en mi vida, por cuidarme cuando más lo necesite, te quiero y apoyare siempre, juntos hemos vivido tiempos de felicidad y momentos difíciles, pero siempre triunfaremos contra cualquier adversidad que se aparezca en nuestro camino querido hermano.

A mi hermano Octavio Abraham Aguilar Cuevas: gracias por compartir parte de tu cuerpo en mí, pues sin él no podría estar aquí, por cuidarme cuando más lo necesite, eres una persona fundamental en mi vida, te quiero y apoyare siempre, juntos hemos vivido tiempos de felicidad y momentos difíciles, pero siempre triunfaremos contra cualquier adversidad que se aparezca en nuestro camino querido hermano.

A mis abuelos, tíos, primos, amigos, conocidos a todos aquellos que me aman pues en el momento más difícil de mi vida estuvieron conmigo y con mi familia, sin ustedes esta pieza del rompecabezas no estaría completo.

También, quiero hacer una especial mención de agradecimiento al Oncólogo Guillermo Díaz Vargas y a todas las enfermeras, autoridades y personal que forman el Oncológico Estatal ISSEMYM pues sin su intervención en mi salud no sería posible este trabajo.

A la fundación Telmex Telcel no solo por hacerme becario si no con sus programas y conferencias inspirarme para hacer un México mejor, a Arturo Elías Ayub por empoderarme con sus palabras, pues, aunque no nos conozcamos, sus acciones en diferentes medios los tomo como ejemplo.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades, maestros y compañeros que hacen la Universidad Autónoma del Estado de México campus Texcoco, por confiar en mí, abrirme las puertas y enseñarme.

A la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V. por compartir sus datos con fines educativos, pero con trascendencia nacional, pues su contribución no solo pone en práctica los conocimientos adquiridos en mi formación si no que el resultado contribuye al crecimiento de la empresa y por ende al de nuestro país.

Gracias al Dr. en C. Luis Enrique Espinosa Torres por invitarme a formar parte de un proyecto PRODEP (Programa para el Desarrollo Profesional Docente), pues este trabajo al ser una de las piezas que lo conforman repercutirá en el mejoramiento de una empresa de forma real.

Gracias al profesor Dr. en C. Orsohe Ramírez Abarca por enseñarme que detrás de un dato se esconde una realidad y una interpretación económica que puede ser utilizada para tomar decisiones sociales y políticas. A lo largo de la licenciatura sus enseñanzas e interminables platicas que aprecio mucho, formaron parte para integrar un criterio más amplio.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a la Dra. en C. Esther Figueroa Hernández principal colaboradora durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y auxilio permitió el desarrollo de este trabajo de principio a fin.

I. INTRODUCCIÓN

En economía, la función de producción representa la máxima cantidad que se puede producir de un bien con ciertos recursos; en otras palabras, permite determinar la eficiencia económica, información que puede ser utilizada para propósitos de maximización agrícola, como una herramienta matemática que puede brindar optimización de insumos, esta puede ser aprovechada en hortalizas de México.

La agricultura es un sector que generó 3% del PIB en México (Banco Mundial, 2019). Barreiro (1998, pp. 4-5) estableció que las hortalizas en México constituyen uno de los subsectores en la agricultura nacional de gran importancia debido a tres factores: a) El alto valor de la producción; b) Las divisas que genera para el país; c) Su capacidad generadora de empleos.

Una de las hortalizas que han tomado ventaja de los factores antes mencionados es el caso de Pepino Persa (*Cucumis sativus L.*) bajo condiciones de invernadero. La hortaliza se adapta a algunos estados como México, Michoacán, Morelos y Guerrero, donde la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V. aprovecho estas circunstancias para participar en la producción nacional con altos estándares de calidad.

Para las empresas saber la cantidad de bienes y servicios que pueden ofrecer es de suma importancia, esto se logra a partir de contabilizar los materiales que se tienen, por ello en la producción de pepino persa es significativo contar con los insumos tales como: fertilizantes, agroquímicos, materiales orgánicos y mano de obra.

1.1 Planteamiento del problema

Según la FAO por sus siglas en inglés (Food and Agriculture Organization) en su base de datos estadísticos (FAOSTAT), en 2018, México representó el octavo lugar de producción de hortalizas a nivel mundial (FAOSTAT, 2020). En particular, la producción de pepino persa bajo condiciones de invernadero ha mostrado a lo largo del tiempo ser un fruto demandado por países extranjeros, en especial para Estados Unidos. El sector agrícola aprovecha las condiciones geográficas y climáticas que tiene México, para producir diferentes productos, con el fin de generar empleos y divisas para el país.

El problema se presenta cuando las empresas no tienen registros o bases de datos con los cuales se puedan analizar mejores las condiciones de producción. La elaboración de una función de producción requiere determinar la cantidad de insumos necesaria para la producción de pepino persa tales como semillas, fertilizantes, abonos, material de propagación vegetal, y productos para el control de plagas y enfermedades, y así poder obtener la eficiencia de los recursos y maximizar la producción.

1.2 Objetivos

Objetivo General

Elaborar una función de producción de pepino persa (*Cucumis sativus L.*) en condiciones de invernadero de la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V.

Objetivos específicos

- Identificar las etapas de la función de producción de pepino persa.
- Encontrar el nivel de insumo de máxima eficiencia técnica del pepino persa en condiciones de invernadero.

1.3 Hipótesis

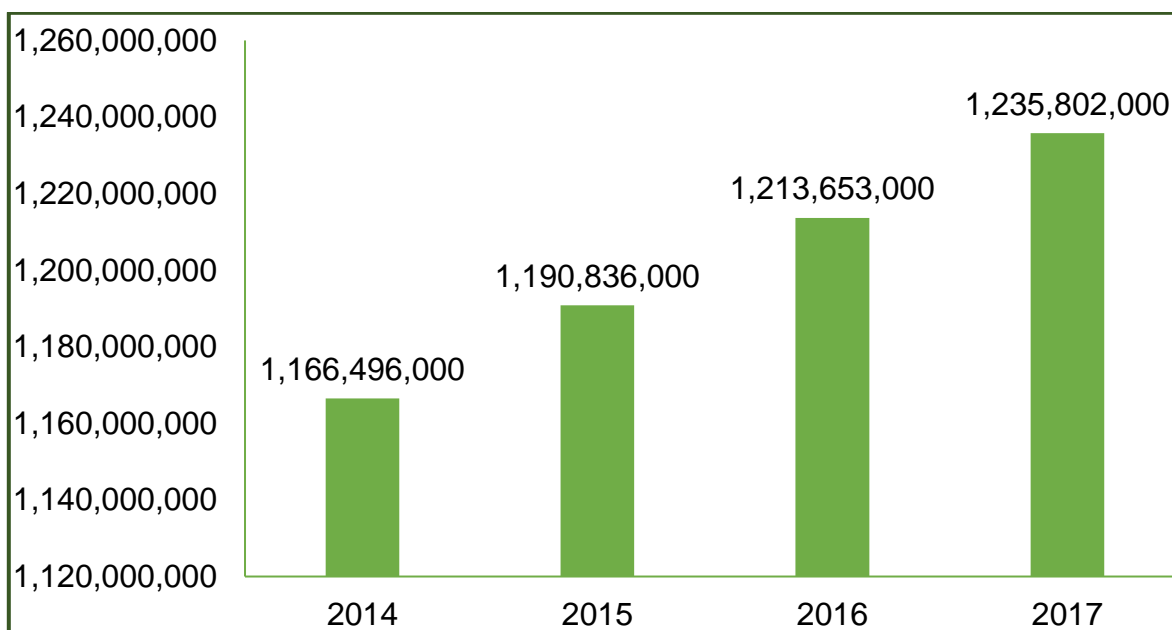
Existe una relación directa entre el paquete nutricional y la producción de pepino persa bajo condiciones de invernadero.

II. ANTECEDENTES

2.1 Producción de hortalizas a nivel mundial

La producción mundial de hortalizas está íntimamente ligada al desarrollo agrícola representando una fuente de ocupación de mano de obra, contribuye a la alimentación de las familias y ayuda a tener buenos niveles nutricionales, esta actividad en 2017 llegó a 1,235,802,000 toneladas, cifra mayor a la obtenida en 2016 de 1,213,653,000 (FAOSTAT, 2020).

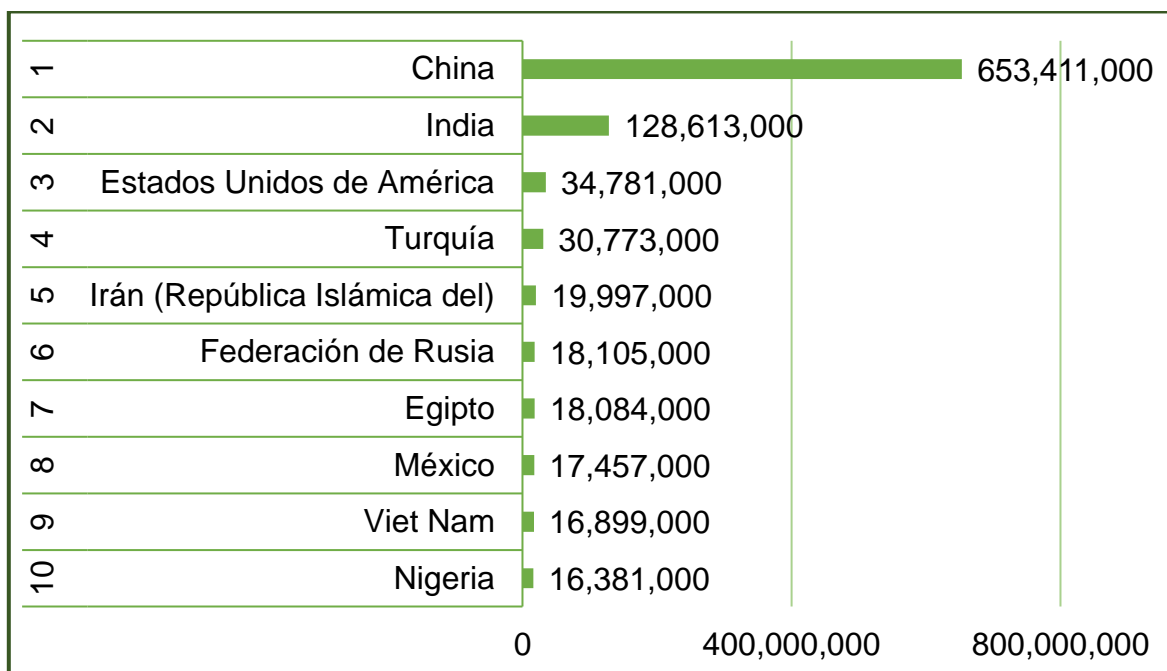
**Gráfica 1. Producción mundial de hortalizas, 2014-2017
(Toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

En la gráfica 1, se puede observar que la producción mundial de hortalizas se ha ido incrementado de 2014 al 2017. Este periodo de tiempo representa un crecimiento del 6%, con lo que se puede decir que hay una tendencia positiva sostenida que está siendo aprovechada por la industria agrícola, es especial por los horticultores.

**Gráfica 2. Principales productores de hortalizas a nivel mundial, 2017
(Toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

En la gráfica 2, se aprecian los países que tuvieron mayor producción de hortalizas a nivel mundial en 2017. En primer lugar, China con 653,411,000, seguido de la India con 128,613,000, después Estados Unidos de América con 34,781,000, Turquía con 30,773,000, Irán con 19,997,000 y México en el octavo lugar con 17,457,000 toneladas.

2.2 Producción de hortalizas en México

En México se produjeron alrededor de 70 diferentes variedades de hortalizas, esto gracias a la amplia diversidad de climas y condiciones ambientales que favorecen el potencial productivo del país, lo que permite tener una extensa gama de productos en diferentes épocas del año. De acuerdo con datos de la FAO, México se sitúa como el séptimo productor mundial de frutas y hortalizas (Inforural, 2020).

**Tabla 1. Producción de hortalizas en México, 2014-2017
(Toneladas)**

Año	Producción
2014	13,942,000
2015	14,813,000
2016	16,114,000
2017	17,457,000

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

La producción de hortalizas de México de 2014 al 2017, se fue incrementando a través del tiempo, debido a que hay una mayor demanda de éstas (Tabla 1). Este lapso de tiempo representa un crecimiento del 25%, pudiendo decir que hay una tendencia positiva sostenida que está siendo aprovechada por los horticultores mexicanos.

**Gráfica 3. Producción de hortalizas en México, 2017
(Toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

En la gráfica 3, indica la producción de hortalizas que tuvo México en 2017, esta fue de 17,457,000 toneladas, cifra que fue 8% superior a lo alcanzado en año anterior

(16,114,000 toneladas). México tiene una significativa producción de hortalizas que posibilitan la distribución interna y la demanda de países extranjeros. Fomentar su consumo repercutirá en una alimentación saludable y equilibrada.

**Tabla 2. Exportaciones e importaciones de hortalizas en México, 2017
(Toneladas)**

Elemento	Valor
Producción	17,457,000
Importaciones - Cantidad	492,000
Exportaciones - Cantidad	7,530,000

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

En 2017 México exporto 7,530,000 e importó 492,000 toneladas de hortalizas (Tabla 2). Los principales factores que fomentan el aumento de la exportación de hortalizas mexicanas al extranjero son los altos niveles de calidad e inocuidad con la que cuentan los productos en comparación con otras regiones; además su ubicación geográfica da pie y favorece la apertura comercial (Inforural, 2020).

2.3 Pepino persa

El pepino persa (*Cucumis sativus L.*) también conocido como mini pepino, pepino Libanes y Beit Alpha, produce frutos sin semillas o partenocárpicos. Los frutos son cortos en longitud, de color verde oscuro, sabor dulce y tienen una piel delgada que no requiere pelarse para ser consumidos. Este tipo de producto tiene frutos de alta calidad y son dos o tres veces más rendidores que los del él cual ha estado ganando popularidad Estados Unidos (Zamora, 2017, p. 1).

Existen varios tipos de pepinos, pero la calidad denominada como persa tiene la ventaja de que puede producirse bajo invernadero, con la consideración de que las paredes laterales de éste sean suficientemente altas para permitir buen movimiento de aire en torno a las plantas (L. Shaw, J. Cantliffe, C. Rodríguez, Taylor & M. Spencer, 2000, p. 247).

La planta de pepino persa es anual, tiene guías y flores femeninas, pero a diferencia de los pepinos europeos y americanos produce un racimo de flores en cada nudo (Figura 1). Dependiendo de la variedad, dos, tres, o hasta siete flores salen en cada nudo sin que se tengan que realizar un aclareo de frutos como sucede con los pepinos del tipo europeo y americano (Zamora, 2017, p.1).

Figura 1. Una planta de pepino persa lista para cosechar



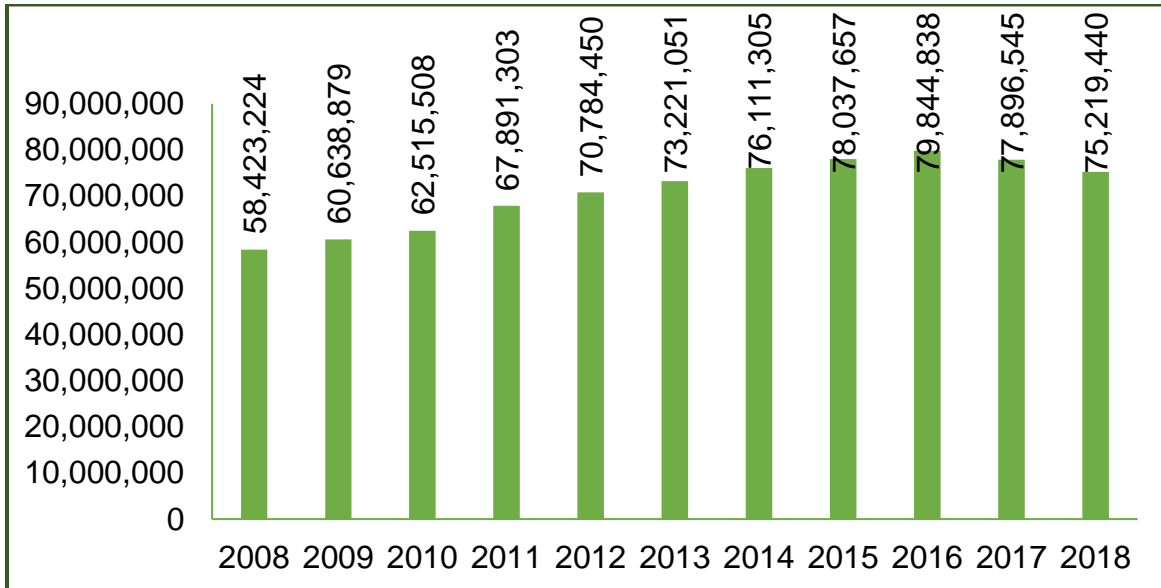
Fuente: Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., Jojutla, Morelos, México, 2020.

En la figura 1, se aprecia un conjunto de pepinillos persa listos para cosechar en un solo nudo, característica diferenciadora de las variedades europeas y americanas, son lisos, de piel fina y son más cortos que los europeos. Cultivados en invernadero, con paredes laterales suficientemente altas para así permitir el buen movimiento de aire en torno a las plantas (Inforural, 2020).

2.3.1 Producción de pepino a nivel mundial

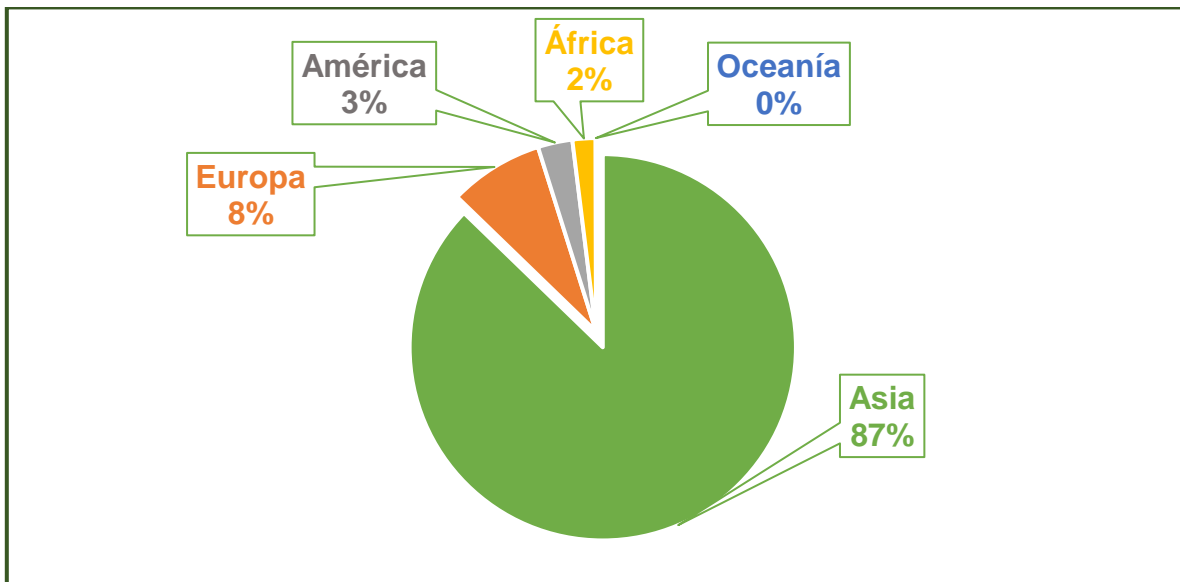
En la gráfica 4, se observa la producción de pepino que tuvo el mundo del año 2008 al 2018, este intervalo representó un crecimiento del 29%. El año 2016 se muestra como el punto máximo y el 2008 como el mínimo. El último periodo que se tiene registrado es 2018 con una producción de 75,219,440 toneladas, cifra menor al del año anterior.

Gráfica 4. Producción de pepino a nivel mundial, 2008-2018
(Toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

Gráfica 5. Porcentaje de producción de pepino a nivel mundial por continente, 2018

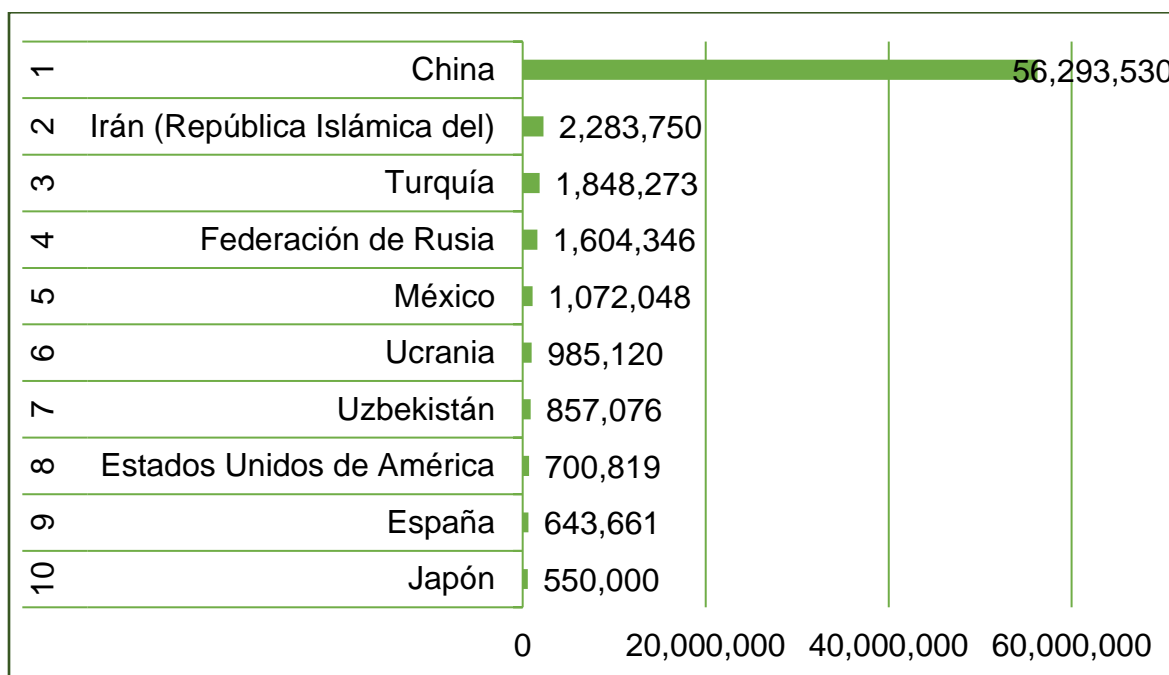


Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

En la gráfica 5, se muestra que el continente que representó la mayor producción de pepino en 2018 fue Asia con 87%, este porcentaje es tan grande que ni sumando

los valores restantes de los 4 continentes (13%) superarían este valor. Concluyendo que Asia tiene una gran ventaja sobre los demás continentes si de producción de pepino se trata.

**Gráfica 6. Principales productores de pepinos a nivel mundial, 2018
(Toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

En la gráfica 6, se indican los 10 países que tuvieron mayor producción de pepinos en 2018. En primer lugar, fue China con 56,293,530 seguido por Irán con 2,283,750, Turquía con 1,848,273, Federación de Rusia con 1,604,346, México con 1,072,048 de toneladas. Estos fueron los 5 primeros países, pero es importante indicar que China tuvo una amplia ventaja sobre todos los demás.

Tabla 3. Producción de pepinos en México, 2008-2018
(Toneladas)

Año	Cantidad	Incremento %
2008	760,000	
2009	540,000	-29%
2010	625,215	16%
2011	654,102	5%
2012	640,508	-2%
2013	637,395	-0%
2014	707,632	11%
2015	817,800	16%
2016	886,270	8%
2017	956,005	8%
2018	1,072,048	12%

Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

La producción de pepinos que tuvo México de 2008 al 2018 siguió una tendencia positiva (Tabla 3). En 2010 se tuvo una producción de 625,215 toneladas con un crecimiento del 16% respecto al año anterior, la más alta registrada. El 2009 fue el año con menor producción con 540,000 toneladas, un decremento del 29% respecto al 2008.

Gráfica 7. Producción de pepinos en México, 2018
(Toneladas)



Fuente: Elaboración propia con datos de la FAOSTAT, 2020.

En la gráfica 7, se puede apreciar que México en 2018 produjo 1,072,048 toneladas de pepino, esta producción representó el 1% a nivel mundial. El progreso tecnológico ha dado como resultado su aumento año con año permitiendo a los agricultores tomar ventaja, satisfaciendo la demanda internacional principalmente y el nacional.

2.3.4 Producción nacional

México ocupó el quinto lugar a nivel mundial en producción de pepino (FAOSTAT, 2020). También, se encontró dentro de los primeros exportadores, obteniéndose una producción total de 477,000, en tanto, los principales países importadores fueron Alemania, Canadá, República Checa, Estados Unidos y Francia (Barrera, 2011, pp. 9,10).

Tabla 4. Producción nacional de pepinos, 2018
(Toneladas)

Lugar	Estado	Toneladas
1	Sinaloa	358,681
2	Sonora	253,843
3	Michoacán	103,402
4	Guanajuato	50,374
5	Baja California	49,588
6	Morelos	49,111
7	Yucatán	36,251
8	Zacatecas	27,110
9	San Luis Potosí	22,587
10	Jalisco	21,336
11	Otros	99,766

Fuente: Elaboración propia con datos de la SIAP, 2020.

Las 30 entidades federativas de México que fueron productoras de pepino (Tabla 4). El máximo productor nacional de pepino en el año 2018 fue el estado de Sinaloa con 358,681 toneladas. Las entidades federativas que no produjeron pepino fueron

Tlaxcala y la Ciudad de México, (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2020).

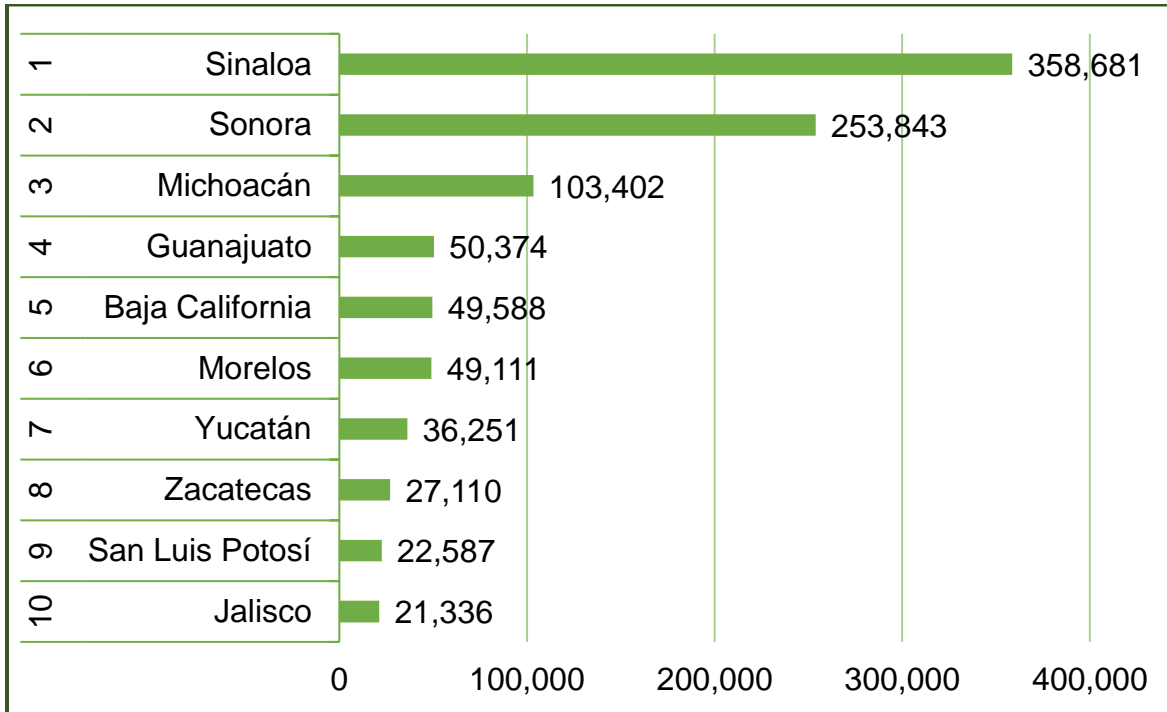
**Gráfica 8. Mayores productores de pepinos en México, 2018
(Toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la SIAP, 2020.

En la gráfica 8, se observa el país con sus entidades federativas en un rango de tonos que van desde un verde oscuro (indica los mayores productores que tuvo el país en 2018) hasta tonos más claros (estados que tuvieron menor producción). Los de color negro que están al centro (Tlaxcala y CDMX) son los que no tuvieron ninguna participación.

**Gráfica 9. Principales productores de pepinos en México, 2018
(Toneladas)**



Fuente: Elaboración propia con datos de la SIAP, 2020.

En la gráfica 9, se indican los 10 estados con mayor producción que tuvo México en 2018. En primer lugar, Sinaloa con 358,681, seguido por Sonora con 253,843, después Michoacán 103,402, Guanajuato con 50,374 y Baja California con 49,588 toneladas respectivamente. Aunque Sinaloa tiene el mayor poder de exportación, también se da en otros estados como Michoacán, Morelos, Veracruz, Baja California, Guanajuato y Jalisco, pero estas regiones no necesariamente se concentran en la exportación, sino que se dedican a satisfacer la demanda nacional (Inforural, 2020).

2.3.6 Producción de la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V.

La Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V. es una sociedad de productores que se dedica a la producción del cultivo de hortalizas con altos estándares de calidad, especialmente el de pepino persa en los estados de Guerrero, Michoacán,

Morelos y el Estado de México. La Integradora proporcionó datos de producción, cantidad de insumos utilizados y nutrientes en relación con el cultivo de pepino persa de los años 2018, 2019 y enero 2020.

Para fines de esta investigación se puso énfasis en los datos de producción y nutrientes. El ciclo de la integradora Gromich abarca 5 meses, desde su cultivo hasta la recolección del fruto. El periodo comienza regularmente en el mes de octubre que es donde se cultiva la semilla para que posteriormente en el mes en noviembre empezar a tener los primeros frutos, reproduciéndose hasta febrero del año siguiente.

Tabla 5. Descripción de ciclos de producción de Gromich

Ciclo	Periodo de mes
1	enero, febrero y marzo de 2018
2	octubre, noviembre, diciembre de 2018 y enero, febrero de 2019
3	octubre, noviembre, diciembre de 2019 y enero de 2020

Fuente: Elaboración propia con datos de la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., 2020.

Se describen los ciclos de producción que tuvo Gromich de los cuales se tiene registro (Tabla 5). Normalmente el periodo suele iniciar en el mes de octubre y termina en febrero del siguiente año. Para garantizar las expectativas del comprador y del consumidor se deben considerar ciertas características al momento de seleccionar el pepino antes de ser empaquetado, es decir, por su calidad.

Tabla 6. Características de calidades del pepino persa

Calidad	Símbolo	Medida del largo del pepino (pulgadas)
Extra-Fancy	XF	De 5 a 5 ½
Fancy	F	De 5 ½ a 6 ¼
Medium	M	De 6 ¼ a 7
Choice	2	Pepino con defectos físicos

Fuente: Elaboración propia con datos de la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., 2020.

Se aprecian las 4 diferentes calidades y sus características que deben cumplir cada uno de los pepinos para poder ser empaquetadas y proceder a su exportación (Tabla 6). La Integradora en el año 2019 vendió la calidad “Extra-Fancy” y “Fancy” a 10 dólares por caja, mientras que para “Medium” y “Choice” el precio fue de 7 dólares por caja.

Figura 2. Caja de pepino persa calidad “Extra-Fancy”



Fuente: Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., Jojutla, Morelos, México, 2020.

En la figura 2, se muestra una caja para calidad de exportación “Extra-Fancy”, la caja pesa 20 libras. En la parte derecha el tipo de pepino al que pertenece el empaquetado.

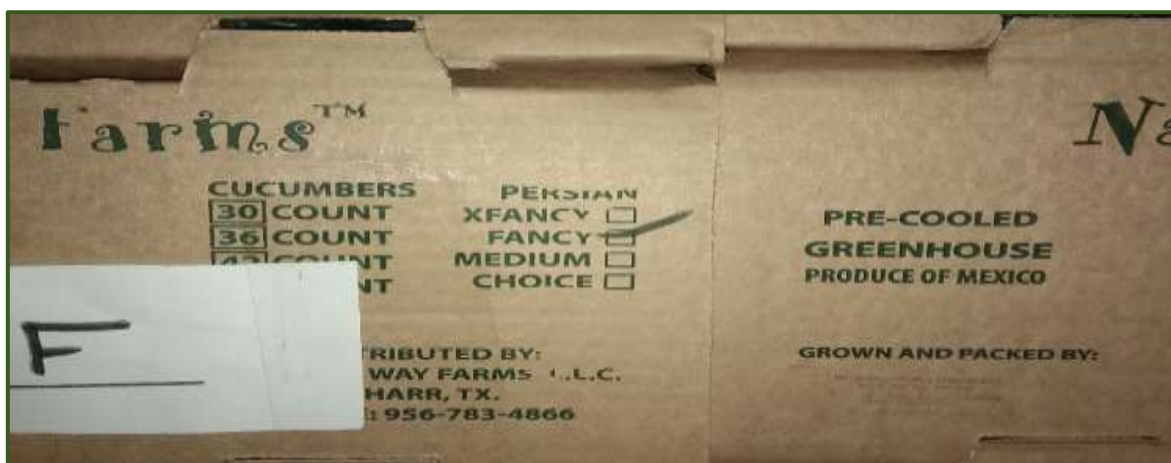
Figura 3. Pepino persa calidad “Extra-Fancy”



Fuente: Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., Jojutla, Morelos, México, 2020.

En la figura 3, se muestra la calidad de pepino “Extra-Fancy”, su principal característica es que debe estar en una longitud de 5 a 5 ½ pulgadas, se permite una tolerancia un poco menor a esta medida, pero nunca más que ésta.

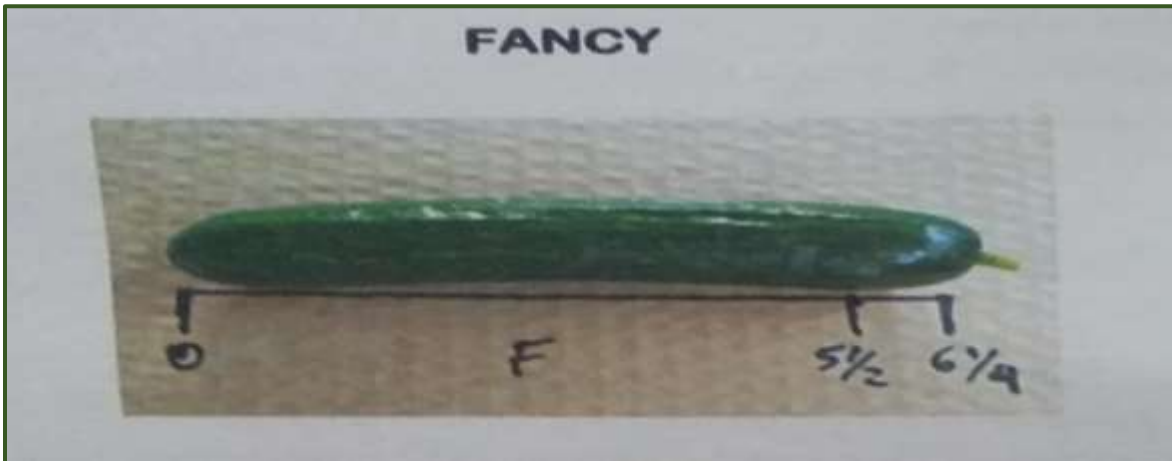
Figura 4. Caja de pepino persa calidad “Fancy”



Fuente: Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., Jojutla, Morelos, México, 2020.

En la figura 4, se muestra una caja para exportación calidad “Fancy”, donde la caja pesa 20 libras. En la parte central se aprecian dos columnas, la que está de lado derecho hace referencia al tipo de calidad al que pertenece el empaquetado.

Figura 5. Pepino persa calidad “Fancy”



Fuente: Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., Jojutla, Morelos, México, 2020.

En la figura 5, se muestra la calidad de pepino “Fancy”, su principal característica es que debe estar en una longitud de 5 ½ a 6 ¼ pulgadas, se permite una tolerancia un poco menor a esta medida, pero nunca más que ésta.

Figura 6. Pepino persa calidad “Medium”



Fuente: Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., Jojutla, Morelos, México, 2020.

En la figura 6, se muestra la calidad de pepino “Medium”, su principal característica es que debe estar en una longitud de 6 ¼ a 7 pulgadas, se permite una tolerancia un poco menor a esta medida, pero nunca más que ésta.

Figura 7. Pepino persa calidad “Choice”



Fuente: Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., Jojutla, Morelos, México, 2020.

En la figura 7, se muestra la calidad de pepino “Choice”, su principal característica es que tiene defectos físicos (longitud, grueso, forma) por lo tanto, no son aptos para ser de exportados.

Para el análisis de la producción total se optó por sumar las cuatro calidades con las que cuenta la empresa:

$$XF + F + M + 2 = \text{Produccion total de pepino persa}$$

Donde: XF=la producción con calidad “Extra-Fancy”; F=la calidad “Fancy”; M=la calidad “Medium”; 2=la calidad “Choice”.

2.4 Revisión de literatura

Ramírez, Mungaray, Ramírez Urquidy y Taxis (2009, p. 217) establecieron que una manera de medir la capacidad de generar economías de escala es estimar los rendimientos a través de la función de producción. Esta medida condiciona la producción dentro del área de rendimientos crecientes, y requiere comparar la posición relativa de la curva de costos medios de las diferentes estructuras de producción entre empresas.

Cruz (2016, p. 1) indicó que una función de producción aplicada a la agricultura permite un mayor conocimiento de la contribución que tienen los insumos, específicamente la dosis de fertilización empleada y como afecta esta la relación inversión-beneficio que se obtendrá en campo. Otra aplicación está relacionada con la implantación de políticas de ajuste estructural en las formas tradicionales de fertilización que persigue en la mayoría de los casos el máximo rendimiento por hectárea, dejando de lado los altos costos en que se incurre y la contaminación que provoca al ambiente.

Existen metodologías que estiman la eficiencia del uso de recursos en empresas pecuarias para generar uno o más productos al final de su proceso productivo. Una de estas metodologías tiene como propósito la estimación de funciones de producción, mediante las cuales se establecen relaciones entre uno o más insumos que intervienen en su producción, con lo cual se pueden predecir los valores de producción y determinar los niveles óptimos del uso de insumos y su productividad marginal (Morales, González y Hernández, 2017, p. 1).

Cruz (2016, p. 4) mencionó que una gran cantidad de productores desconoce las cantidades de insumos variables que generan el máximo producto medio al cual se le conoce como nivel de máxima eficiencia del recurso, y que además delimita la etapa *I* de la producción que está dada por las cantidades menores de uso de Nitrógeno, que da la máxima rentabilidad financiera, por tanto, el menor costo unitario del producto y contribuye a una producción sustentable.

Particularmente para el caso de pepino persa en México se produce generalmente en condiciones de invernadero, lo que mejora las condiciones de productividad y de competitividad, lo que permite aumentar las ganancias, pero, sobre todo, que se pueda atender la demanda del mercado tanto nacional como e internacional. Los dos mercados de exportación más relevante para la hortaliza son Estados Unidos y Canadá, la ventana de comercialización empieza en septiembre y finaliza en abril;

este producto es enviado de los estados de, Michoacán, Baja California, Morelos y Veracruz (Barrera, 2011, pp. 6).

Barrera (2011, pp. 10) menciona que con la información que se tiene por parte de los productores, el costo de pepino persa para exportación recibe 7.30 dólares por cada caja de 22.00 libras en clasificaciones primeras y tiene un costo de producción de 3.60 dólares.

La función de producción cúbica permite identificar el comportamiento de los rendimientos por hectárea y aporta el criterio para definir si son escasos, pertinentes o en exceso los niveles de insumos variables empleados en la agricultura. La función cúbica permite generar recomendaciones a productores, de baja capacidad financiera de inversión, que conducen a mayores niveles de producción, sin que tengan que realizar inversiones adicionales para lograrlo (Portillo *et al.*, 2015, p.7).

III. MARCO TEÓRICO

En este apartado se desarrolló los aspectos teóricos que se utilizaron en la investigación, por lo que, se abordaron principalmente conceptos que dan sustento al instrumento metodológico de este trabajo.

3.1 Economía

Existen varias definiciones, para este trabajo es la siguiente: “Ciencia social que estudia tanto las elecciones que toman los individuos, las empresas, los gobiernos y las sociedades para encarar la escasez, como los incentivos que influyen y justifican esas elecciones. El campo de estudio de esta materia se divide en dos partes principales, microeconomía y macroeconomía” (Parkin & Loría, 2010, p. 2).

3.2 Microeconomía

Parkin & Loría (2010) define a la microeconomía como: El estudio de las elecciones que hacen los individuos, empresas y gobiernos (p. 2).

3.3 Modelo

Un modelo describe a través de ecuaciones la relación de variables entre sí en ciertas maneras, estas ecuaciones dan forma matemática al conjunto de suposiciones analíticas adoptadas. Entonces, mediante la aplicación de las operaciones, se puede obtener un conjunto de conclusiones que se deduzcan de manera lógica de esas suposiciones (Chiang & Wainwright, 2006, pp. 4–5).

3.4 Modelo económico

De los distintos modelos que existen, el que acontece a este trabajo es el de modelo económico, Parkin & Loría la definen como: “la representación de algún aspecto del mundo económico que incluye sólo las características que se requieren para el propósito en cuestión. Un modelo se prueba comparando las predicciones con los hechos. Sin embargo, probar un modelo económico es difícil porque observamos los resultados de la operación simultánea de muchos factores. Para resolver este problema, los economistas usan diversas experimentaciones he investigaciones”. (2010, p. 11).

3.5 Econometría

Es el estudio de observaciones empíricas por medio de métodos estadísticos de estimación y prueba de hipótesis (Chiang & Wainwright, 2006, pp. 4–5).

3.6 Modelo econométrico

Gujarati & Porter describen al modelo econométrico de la siguiente forma: “Las relaciones entre las variables económicas suelen ser inexactas (2010, p. 28).

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X + u$$

Esta ecuación es un ejemplo de un modelo econométrico de regresión lineal. La función econométrica de consumo plantea como hipótesis que la variable dependiente Y (consumo) está relacionada linealmente con la variable explicativa X (ingreso), pero que la relación entre las dos no es exacta: está sujeta a variaciones individuales (Gujarati & Porter, 2010, p. 28).

3.7 Función de producción

La función de producción detalla la correlación entre la cantidad de elementos utilizados para producir un bien y la cantidad producida de ese bien (Mochón, 2006, p. 59).

Krugman, Olney y Wells (2008, p. 162) la definen como: “una empresa que es una organización que produce bienes o servicios para venderlos. Para hacer esto, debe transformar los factores productivos (inputs) en producto (output). La cantidad de output que produce una empresa depende de la cantidad de factores productivos utilizados; esta relación se conoce como la función de producción de la empresa”.

3.8 Función uniecuacional

El modelo de regresión uniecuacional enuncia una función tipo lineal de una o más variables. Se supone que, si existen relaciones causales éstas van en una sola dirección: de las variables explicativas a la variable dependiente (Gujarati & Porter, 2010, p. 37).

3.9 Función de producción cúbica

Para la representación de las tres etapas de la producción, éstas son representadas por una función cúbica (Gujarati & Porter, 2010, p. 188):

$$Q = a + bL + cL^2 + dL^3$$

Donde: a = constante, b, c y d son coeficientes, L = variable independiente y Q = producción.

3.10 Producto medio

Para el cálculo del producto medio (PMe), resulta de la división del producto total (PT) por la cantidad de insumo que se utiliza en la producción de esa cantidad (Obando, 2000, p. 70):

$$PMe = \frac{PT}{X}$$

3.11 Producto marginal

Otro calculo importante que se utilizó para este trabajo fue el producto marginal, pudiéndose definir como: el cambio del producto total ocasionado por la utilización de una unidad adicional del facto variable, manteniéndose fija la cantidad de los demás factores (Obando, 2000, p. 70). En términos de formula, lo expresa de la siguiente forma:

$$PMg = \frac{PT_2 - PT_1}{X_2 - X_1} = \frac{\Delta PT}{\Delta X}$$

Donde ΔPT indica el cambio en el producto total y ΔX el cambio en el factor.

3.12 Elasticidad de la producción

Parkin & Loría definen a la elasticidad de la producción como el cambio del producto marginal (PMg) dividido por el producto medio (PMe). Muestra el cambio de la producción cuando cambia la cantidad del factor, cuando todas las demás variables que influyen en el proceso permanecen constantes (2010, p. 87).

$$\text{Elasticidad de producción} = \frac{\text{Producto marginal}}{\text{Producto medio}}$$

$$\varepsilon_p = \frac{PMg}{PMe}$$

3.13 Relación entre el producto total, medio y marginal

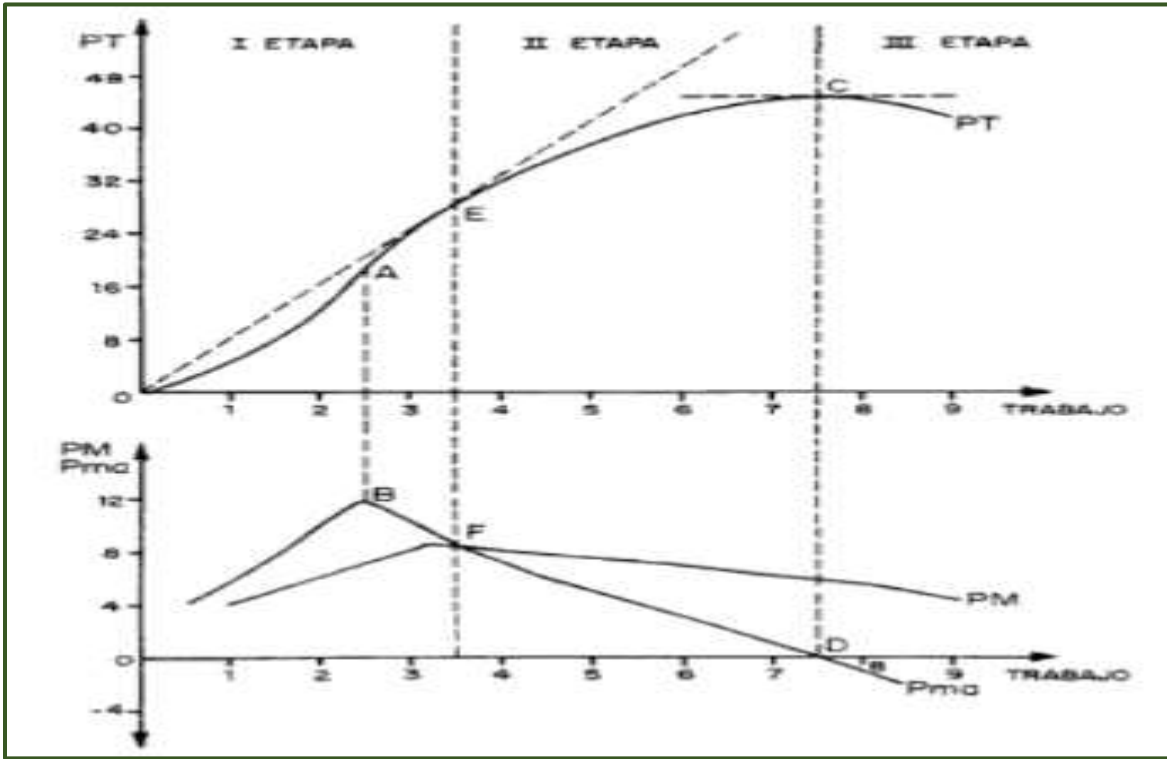
En el análisis de este trabajo es importante la relación que hay entre el PT, PMe y el PMg, para ello se define a esto como: “El producto total con relación al producto marginal, cuando éste último llega a su punto máximo la pendiente cambia. Es decir, cuando se adicionan cantidades del factor variable, crece aceleradamente hasta llegar a un máximo crecimiento” (Obando, 2000, p. 72):

- Cuando el producto marginal es creciente, el producto total es creciente a una tasa creciente.
- Cuando se llega al producto total se encuentra el punto de inflexión o de máximo crecimiento.
- Cuando el producto marginal disminuye, pero es positivo, el producto total aumenta a una tasa decreciente.
- Al ser el producto marginal cero el producto total es máximo.
- Si el producto marginal es negativo el producto total disminuye.

3.14 Etapas de la función de producción

Una función de producción consta de tres etapas. La etapa I representa la subutilización de los insumos fijos de una empresa en relación con los variables. La etapa III representa una sobreutilización de insumos fijos en relación con los costos variables. De hecho, las empresas que operan en esta etapa encontrarían que su producción total decrece en la medida que incrementan su insumo variable. La única etapa para ubicar una empresa racional es la etapa II (Keat & Young, 2004, p. 297).

Figura 8. Relaciones entre PT, PMe Y PMg, etapas de la función de producción



Fuente: Tomada de Obando, 2000.

Obando describe a las etapas de la función de producción (Figura 8) de la siguiente forma: “A partir de la relación entre el PT, PMg y PMe se determinan las etapas de la producción. La primera etapa de la función se extiende hasta el punto donde el producto marginal es igual al producto medio. En esta primera etapa el producto total es creciente; en un lapso hasta el punto A, aumenta a una tasa creciente y del punto A al E crece, pero a una tasa decreciente. El producto marginal es mayor que el producto medio y este último es creciente en toda la primera etapa, mientras que el PMg es creciente hasta el punto B y tiene un lapso decreciente, en el gráfico del punto B a F (2000, p. 73).

Se considera que para una empresa cuyos objetivos sean la maximización de las ganancias o minimización de las pérdidas, en esta etapa no le es conveniente producir, ya que la cantidad de factores fijos es demasiado grande en relación a los

factores variables. La segunda etapa de la función de producción se inicia cuando el PMg es igual al PMe y termina cuando el PMg es igual a cero; en este punto el producto total es máximo y es conocida como la etapa económica. La tercera etapa de la producción se inicia cuando el PT es máximo o el PMg igual a cero” (Obando, 2000, p. 73).

3.15 Regresión Lineal Múltiple

Los modelos de regresión múltiple son los cuales la variable “Y”, depende de dos o más variables explicativas, o regresoras. El modelo de regresión múltiple más sencillo posible es la regresión de tres variables, con una variable dependiente y dos variables explicativas (Gujarati & Porter, 2010, p. 212):

$$Y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_{3i} + u_i$$

Donde Y es la variable dependiente, X_2 y X_{3i} las variables explicativas (o regresoras), u es el término de perturbación estocástica, la i es la i -ésima observación, β_1 es el término del intercepto. Como es usual, este término da el efecto medio o promedio sobre Y de todas las variables excluidas del modelo, aunque su interpretación mecánica sea el valor promedio de Y cuando X_2 y X_3 se igualan a cero. Los coeficientes β_2 y β_3 se denominan coeficientes de regresión parcial.

Contreras (2018), menciona que al igual que la regresión lineal, los mejores valores para los coeficientes de una regresión lineal múltiple se obtienen al despejar el error y así estimar la suma de los cuadrados de los residuos (S_r), de esta forma se tiene que:

$$e = S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_{1i} - a_2 x_{2i})^2$$

Para minimizar la suma de las distancias verticales entre las respuestas observadas en la muestra y las respuestas del modelo, se deriva con respecto a cada uno de

los coeficientes desconocidos del polinomio. Esto permite obtener las ecuaciones con los valores buscados.

Al derivar S_r con respecto a cada uno de los coeficientes se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}\frac{\partial S_r}{\partial a_0} &= 2\sum(y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i}) \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_1} &= 2\sum x_{1i}(y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i}) \\ \frac{\partial S_r}{\partial a_2} &= 2\sum x_{2i}(y_i - a_0 - a_1x_{1i} - a_2x_{2i})\end{aligned}$$

3.16 Mínimos Cuadrados Ordinarios

Uno de los cálculos que forman parte de una función cubica es el de mínimos cuadrados ordinarios, éste es el método más utilizado de estimación de los parámetros en una ecuación lineal de regresión. El procedimiento consiste en minimizar la suma de los cuadrados de las distancias verticales entre valores de los datos y los de la regresión estimada, es decir, minimizar la suma de los residuos al cuadrado (Pearce, 1999, p. 257).

Siguiendo con lo que menciona Contreras (2018), Las derivadas parciales (F.3) se igualan a cero y se escriben en notación matricial para obtener los coeficientes que dan la suma mínima de los cuadrados de los residuos:

$$\begin{bmatrix} n & \sum x_{1i} & \sum x_{2i} \\ \sum x_{1i} & \sum x_{1i}^2 & \sum x_{1i}x_{2i} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{1i}x_{2i} & \sum x_{2i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{1i}y_i \\ \sum x_{2i}y_i \end{bmatrix}$$

Donde las sumatorias van desde $i = 1$ hasta n .

El caso bidimensional se puede ampliar hasta m variables teniendo que:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_m a_m + e$$

Para el caso general, el error estándar se formula de la siguiente manera:

$$S_{y/x} = \sqrt{\frac{S_r}{n-(m+1)}}$$

Donde: n es el tamaño de la muestra, y m es el número de variables independientes.

Además, el error estándar, también se calcula el coeficiente de determinación utilizando:

$$r = \frac{S_t - S_r}{S_t}$$

Finalmente, para determinar la confiabilidad del ajuste, se debe considerar lo siguiente:

- Se tiene un ajuste perfecto sí:

$$S_r = 0 \text{ y } r^2 = r = 1$$

Esto significa que la línea o curva explica el 100% de la variabilidad de los datos.

- Sí $S_r = 0$ y $r^2 = r = 0$

Entonces el ajuste no representa ninguna mejora.

3.17 Análisis de varianza

Una vez teniendo los resultados de mínimos cuadrados ordinarios, se pueden seguir realizando cálculos y así poder hacer un análisis de varianza o ANOVA por sus siglas en inglés (Analysis of variance), éste es un método que permite comparar varias medias en diversas situaciones (Abraira, 1996). Los resultados de un ANOVA se suelen representar en una tabla como la siguiente:

Tabla 7. Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación	G.L.	SS	MS	F
Entre grupos	k-1	SSA	SSA / (k-1)	MSA / MSE
Dentro Error	(n-1)k	SSE	SSE / k(n-1)	
Total	kn-1	SST		

Fuente: Elaborado con datos de Abraira, 1996.

La varianza de error o cuadrados medios del error es habitualmente representada por MSE (Mean Square Error) o MSW (Mean Square Within), que se calcula como la media de las k varianzas muestrales (Tabla 7). Cada varianza muestral es un estimador centrado de σ^2 y la media de k estimadores centrados es también un estimador centrado y más eficiente que todos ellos. MSE es un cociente: al numerador se le llama suma de cuadrados del error (SSE) y al denominador grados de libertad (G.L.) por ser los términos independientes de la suma de cuadrados (Abraira, 1996).

Otra varianza es la de cuadrados medios de los tratamientos y representada por MSA o MSB (Mean Square Between) (Tabla 7). Se calcula a partir de la varianza de las medias muestrales y es también un cociente; al numerador se le llama suma de cuadrados de los tratamientos (SSA) y al denominador (k-1) grados de libertad (Abraira, 1996).

MSA y MSE, estiman la varianza poblacional en la hipótesis de que las k muestras provengan de la misma población (Tabla 7). La distribución muestral del cociente de dos estimaciones independientes de la varianza de una población normal es una F con los grados de libertad correspondientes al numerador y denominador respectivamente, por lo tanto, se puede contrastar dicha hipótesis usando esa distribución y se puede rechazar la hipótesis de que las k medias provengan de una misma población (Abraira, 1996).

En el supuesto de que las muestras provengan de poblaciones con la misma varianza, este rechazo implica que las medias poblacionales son distintas, de modo que con un único contraste se contrasta la igualdad de k medias (Tabla 7). Si se consideran las kn observaciones como una única muestra, su varianza muestral también es un estimador centrado de σ^2 , soliendo representarse por MST, se le denomina varianza total o cuadrados medios totales, es también un cociente y al numerador se le llama suma de cuadrados total ($SST=SSA + SSE$), y el denominador ($kn - 1$) grados de libertad (Abraira, 1996).

La F es utilizada en el contraste de la hipótesis de medias iguales. La región crítica para dicho contraste es $F > F_{\alpha(k-1, (n-1)k)}$ (Tabla 7). Esto reside en el cálculo de MSA y MSE, varianza poblacional en la hipótesis de que las k muestras vengan de la misma población. Por lo tanto, esta relación permite valorar su aceptación o rechazo (Abraira, 1996).

IV. METODOLOGÍA

Para llevar cabo este trabajo, se obtuvo información de diferentes instituciones nacionales e internacionales como: Food and Agriculture Organization (FAO por sus siglas en inglés), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), entre otras. También se utilizó información de la cantidad de insumos y de producción de pepino persa bajo condiciones de invernadero en México de la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., del periodo 2018 a 2020.

Posteriormente, se construyó una base de datos, tomando como referencia los elementos teóricos y la información de la integradora. Para determinar el modelo de producción cúbica se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System), estableciendo las relaciones en forma estructural y utilizando el sistema de notación correspondiente. El modelo quedó de la siguiente forma:

$$P = b_0 + b_1N + b_2N^2 + b_3N^3 \quad (1)$$

Donde: N , N^2 , N^3 y b_0 , b_1 , b_2 , y b_3 son los parámetros para estimar; P = Producción de pepino persa (Cajas), N = Cantidad aplicada de paquete nutricional por hectárea (kg/ha).

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se determinó la significancia estadística, así como el valor del coeficiente de determinación (R^2). Con los resultados obtenidos se consideraron las hipótesis planteadas y los parámetros estimados. Posteriormente, de la ecuación resultante se examinaron los signos para determinar si coincidían con la teoría económica.

Para la obtención del producto medio (PMe) se tomó la ecuación general y se dividió entre N ; para el caso del cálculo del producto marginal (PMg) se obtuvo derivando la ecuación principal. Una vez teniendo ambos resultados se procedió a

igualarlas, agrupar y sumar términos semejantes, para de esta forma encontrar las raíces. Al observar los resultados de dicho cálculo se tomó el que tenía congruencia con lo esperado, obteniendo así la cantidad de nutrientes en kilogramos por hectárea que representan la máxima eficiencia técnica del insumo. Siguiendo con la matemática, el resultado se sustituyó en la ecuación general para obtener la producción de pepino persa en número de cajas que se obtendría con dicho paquete nutricional.

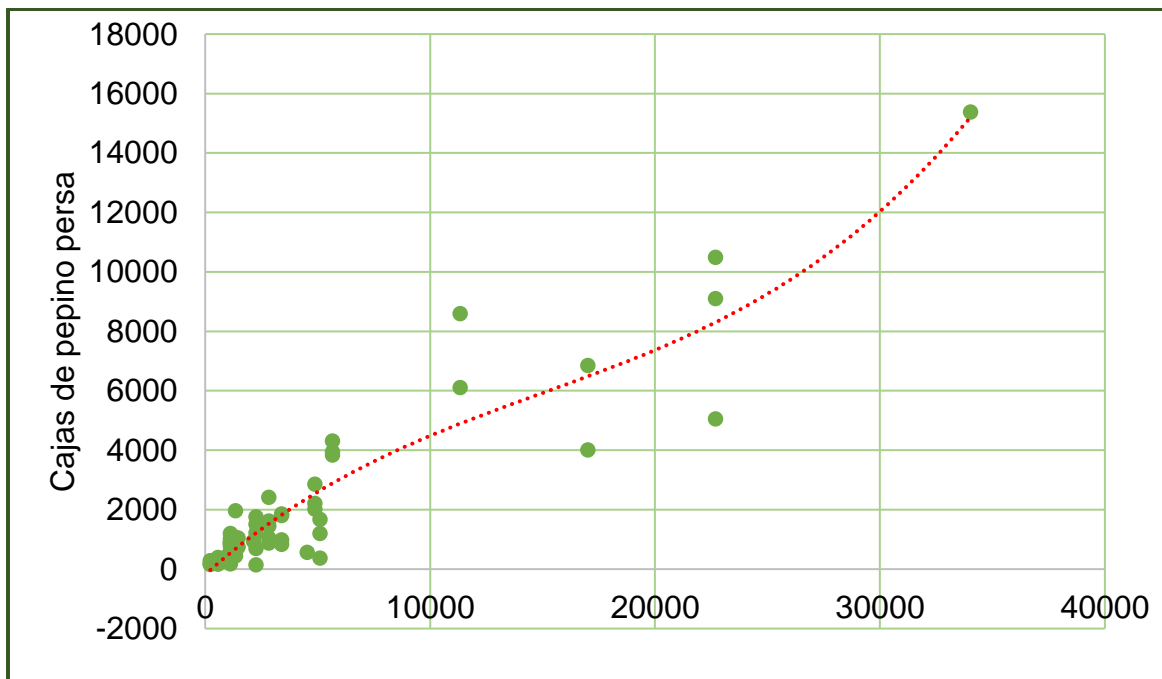
V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, en este apartado se presentaron los resultados estadísticos y econométricos del modelo.

5.1 Análisis estadístico

Con la información de la cantidad que utilizó cada productor de paquete nutricional para la producción de pepino persa, se obtuvo la siguiente gráfica:

Gráfica 10. Relación funcional del paquete nutricional con la producción de pepino (Kilogramos)



Fuente: Elaboración propia con datos de la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., 2020.

Como se puede observar en la gráfica 10, hay una relación creciente entre el paquete nutricional y la producción de pepino. En la parte inferior izquierda se

aprecia la mayor cantidad de datos (puntos de color verde), siguiendo la línea punteada roja, que representa la línea de tendencia, se ve una menor cantidad de datos a su alrededor.

Para el modelo se tomó como base el coeficiente de determinación (R^2), la F-calculada (F_c) y la t-student para analizar la significancia. Finalmente, para probar esta significancia estadística, se consideró el juego de hipótesis:

$$H_0 : b_1 = b_2 = b_3 = 0$$

contra

$$H_a : b_i \neq 0 \text{ para } i \geq 1.$$

Tabla 8. Análisis de varianza del pepino persa

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	Fc	Valor crítico de F
Modelo	3	434501998	144833999	147.23	<.0001
Error	63	61975407	983737		
Total, Corregido	66	496477405			
Raíz MSE		991.8349	R-cuadrado	0.8752	
Media dependiente		1944.3582	R-Ajustado	0.8692	
Coefficiente de Variación		51.0109			

Fuente: Elaborada con la salida del paquete SAS, 2020.

Los resultados del análisis de varianza (Tabla 8), mostraron que el valor de la prueba global $F_c = 147.23 > F_{t,0.05(3,67)} = 2.177$, con un $\alpha = 0.05$; por lo que se rechazó la hipótesis nula (H_0) en favor de la hipótesis alternativa (H_a), de que al menos un parámetro estimado es diferente de cero. El coeficiente de determinación (R^2) indicó que la variación de la producción de pepino persa fue explicada en 87.52% por la aplicación del paquete nutricional.

Tabla 9. Estimación de parámetros obtenidos con SAS

Variable	Parámetros estimados	Error estándar	t valor	Pr > t
Intercepto	-178.2985	250.3348	-0.71	0.4789
<i>N</i>	0.6728	0.1231	5.46	<0.0001
<i>N</i> ²	-0.00002658	0.00000998	-2.66	0.0098
<i>N</i> ³	5.90573E-10	2.08153E-10	2.84	0.0061

Fuente: Resultados de la salida del paquete SAS, 2020.

De acuerdo con la prueba individual (Tabla 9), la variable paquete nutricional (*N*) del modelo, en sus tres diferentes grados resultó altamente significativo, *N* de primer grado con un valor de *t* de 5.46 >1, el *N*² de segundo grado de -2.66 >1 y *N*³ de tercer grado con valor de *t* de 2.84 >1.

5.2 Análisis económico

Para el análisis económico consistió en determinar si los signos de los coeficientes estimados en el modelo corresponden a la teoría económica:

$$P = +5.90573 \times 10^{-10} N^3 - 2.658 \times 10^{-5} N^2 + 0.67281 N \quad (1)$$

De acuerdo con la estimación de los parámetros de la ecuación 1, los valores de los coeficientes fueron: *N* presentó el signo positivo esperado, mostrando una relación directa con la producción (*P*), lo que concuerda con la Teoría económica.

El valor de -178.2959 fue la ordenada al origen, esta representó la producción atribuible a los factores diferentes al Paquete Nutricional (*N*) aplicado, por lo que simplemente se eliminó este dato quedando una función con valores de producción atribuibles, exclusivamente a diferentes niveles de aplicación de paquete nutricional:

Para obtener el producto medio (PMe) resultó de dividir ambos miembros de la función entre N:

$$\frac{P}{N} = \text{PMe} = +5.90573 \times 10^{-10} N^2 - 2.658 \times 10^{-5} N + 0.67281 \quad (2)$$

Para el valor de máxima eficiencia de insumo (paquete nutricional) se igualaron las ecuaciones del PMe y el PMg, que corresponde al inicio de la etapa II de una función de producción:

$$\text{PMe} = +5.90573 \times 10^{-10} N^2 - 2.658 \times 10^{-5} N + 0.67281 \quad (3)$$

$$\text{PMg} = +1.771719 \times 10^{-9} N^2 - 5.316 \times 10^{-5} N + 0.67281 \quad (4)$$

Igualando las ecuaciones de PMe y PMg se obtuvo:

$$\begin{aligned} \text{PMg} &= \text{PMe} \\ +1.771719 \times 10^{-9} N^2 - 5.316 \times 10^{-5} N + 0.67281 &= \\ +5.90573 \times 10^{-10} N^2 - 2.658 \times 10^{-5} N + 0.67281 & \quad (5) \end{aligned}$$

Agrupando términos semejantes:

$$\begin{aligned} +1.771719 \times 10^{-9} N^2 - 5.316 \times 10^{-5} N + 0.67281 - 5.90573 \times 10^{-10} N^2 + \\ 2.658 \times 10^{-5} N - 0.67281 = 0 \quad (6) \end{aligned}$$

Sumando términos semejantes:

$$+1.181146 \times 10^{-9} N^2 - 2.658 \times 10^{-5} N = 0 \quad (7)$$

Obteniendo raíces da como resultado:

$$N_1 = 22,503.56$$

$$N_2 = 0$$

$$N_1 = 22,503.56 \text{ kg}$$

Este valor indica el inicio de la etapa II donde se obtiene indica la máxima eficiencia técnica del paquete nutricional para la producción de pepino persa.

Siguiendo con el análisis, se sustituyó el valor de $N_1 = 22,503.56$ en la ecuación general:

$$P = +5.90573 \times 10^{-10} N^3 - 2.658 \times 10^{-5} N^2 + 0.67281 N \quad (8)$$

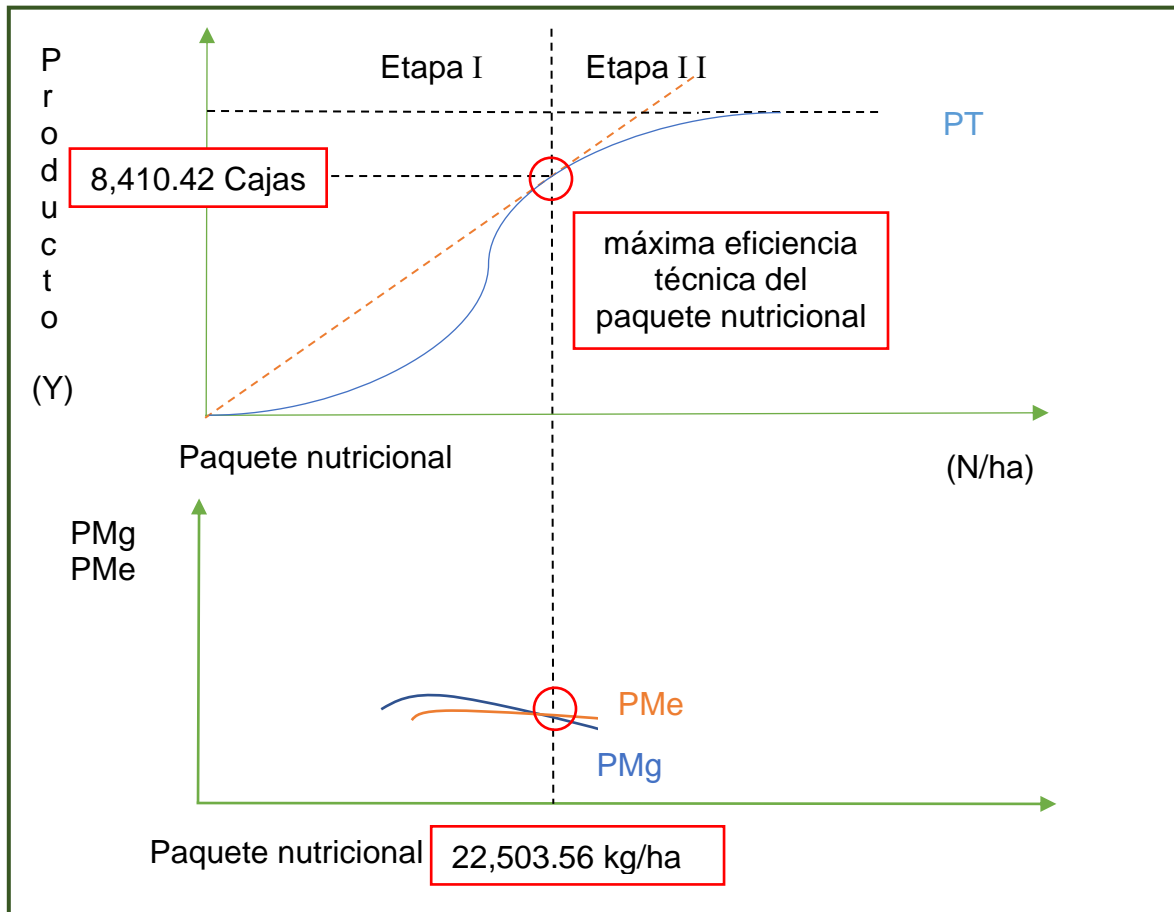
$$P = +5.90573 \times 10^{-10} (22,503.56)^3 - 2.658 \times 10^{-5} (22,503.56)^2 + 0.67281 (22,503.56)$$

P=8,410.43 número de cajas

Esta sería la producción de pepino persa con la cantidad del paquete nutricional al inicio de la etapa II donde se obtiene la máxima eficiencia técnica.

Con los resultados anteriores, se elaboró la siguiente figura:

Figura 9. Etapas de la función de producción de pepino persa



Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la figura 9, se muestra el inicio de la etapa II de la producción donde se obtiene la máxima eficiencia técnica del insumo o paquete nutricional. El recuadro rojo de la parte superior izquierda indica la cantidad de pepinos persa, mientras que el que se encuentra en la parte inferior central muestra la cantidad de paquete nutricional en Kilogramos.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados de elaborar una función de producción cúbica de pepino persa en condiciones de invernadero (*Cucumis sativus L.*) donde se pudo identificar la etapa II de la producción y con base en el análisis estadístico se llegaron a las siguientes conclusiones:

Mediante el análisis estadístico y el software SAS se comprobó la hipótesis de que existe una relación directa entre el paquete nutricional y la producción de pepino persa. Concluyendo que es de gran importancia incorporar nutrientes durante el desarrollo de este cultivo, pues sin ello no podrían darse mayores rendimientos en la producción.

La máxima eficiencia técnica se da cuando se aplica un paquete nutricional de 22,503.56 kilogramos por hectárea para producir 8,410.42 cajas de pepino persa. Con este resultado se concluye que la integradora puede ser capaz de crear más outputs sin consumir más de inputs, es decir, producir lo mismo consumiendo menos nutrientes.

Analizando los datos de organismos internacionales y nacionales concernientes a las hortalizas en específico la del pepino persa de acuerdo con la información estadística de la FAO (2020) refleja que la producción en México desde 2014 ha venido aumentando año con año. Por lo tanto, la demanda de este cultivo es cada vez mayor.

El análisis planteado junto con los datos de la FAO de 2020 se concluye que las hortalizas producidas en México, dentro de ellas el pepino persa, se destinan mayormente al mercado de exportación creando una omisión para el consumo del mercado interno, ante esto, se recomienda a la integradora aumentar la producción destinada al mercado nacional (Meneses, 2017).

VII. RECOMENDACIONES

En base al análisis de los datos proporcionados por la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V., de los resultados obtenidos en este trabajo, de la visita a campo que se hizo en el estado de Morelos donde la integradora tiene presencia y de la teoría consultada, se derivan las siguientes recomendaciones con el propósito de mejora:

Se recomienda a la Integradora Gromich S. de P.R. de R.L. de C.V. sí puede digitalizar todos sus datos por productor considerando lo siguiente: producción por número de cajas, calidad, productores, cantidad de paquete nutricional, superficie, horas trabajadas, litros de agua, trabajadores y cualquier otro que interfiera en el proceso productivo, todos de forma periódica, para en un futuro si así se desea, evaluar de mejor manera las variables que ayuden a determinar los niveles de producción.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraira, V. (1996). *Métodos Multivariantes en Bioestadística*. Recuperado de http://www.hrc.es/bioest/Anova_1.html.
- Banco Mundial. (s.f.). Agricultura, valor agregado (% del PIB) - México. Recuperado 25 noviembre, 2019, de <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS?locations=MX>.
- Barrera, C. T. (8 de noviembre de 2011). Pepino persa, negocio para pequeños productores. *El economista*. pp. 6,9,10. Recuperado de <https://www.eleconomista.com.mx/opinion/Pepino-persa-negocio-para-pequenos-productores-20111108-0003.html>.
- Barreiro P. M. (1998). El pepino de Sinaloa, calidad y exportación. *Claridades Agropecuarias*, págs. 32. Recuperado de <https://info.aserca.gob.mx/claridades/revistas/060/ca060.pdf#page=3>.
- Chiang, A. & Wainwright, K. (2006). *Métodos fundamentales de economía matemática*. (4ª ed.). Ciudad de México, México: Mc Graw Hill.
- Contreras, M. (2018, 4 septiembre). *Regresión lineal múltiple*. Recuperado 7 de junio de 2020, de <http://hdl.handle.net/20.500.11799/103054>.
- Cruz, D. (2016). *Utilización de insumos agrícolas para máxima eficiencia financiera*. Recuperado de <https://www.morebooks.de/store/es/book/utilización-de-insumos-agricolas-para-máxima-eficiencia-financiera/isbn/978-3-639-67110-0>.

FAOSTAT. (s.f.). Hortalizas leguminosas [Conjunto de datos]. Recuperado 30 enero, 2020, de <http://www.fao.org/faostat/es/#search/hortalizas>.

FAOSTAT. (s.f.). Pepinos, pepinillos [Conjunto de datos]. Recuperado 30 enero, 2020, de <http://www.fao.org/faostat/es/#search/Pepinos%2C%20pepinillos>.

Gobierno de México. (2017, 9 enero). Producción Agrícola [Conjunto de datos]. Recuperado 11 febrero, 2020, de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>.

Gujarati, D., & Porter, D. (2010). *Econometría*. (5ª ed.). Ciudad de México, México: McGRAW-HILL.

Inforural. (2020). La importancia de las hortalizas en México. Recuperado 16 marzo, 2020, de <https://www.inforural.com.mx/la-importancia-de-las-hortalizas-en-mexico>.

Keat, P. G. & Young, P. K. (2004). *Economía de empresa*. (4ª ed.). Ciudad de México, México: Pearson Educación.

Krugman, P. R., Olney, M. L., & Wells, R. (2008). *Fundamentos de economía* (1ª ed.). Barcelona, España: Editorial Reverté.

Meneses, J. (2017). *Producción y ventas de vehículos ligeros en México* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Mochón, F. M. (2006). *Principios de economía*. (3ª ed.). Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana.

Morales, J. L., González, F. D. J., & Hernández, J. (2017). Función de Producción de la ganadería de carne en la zona Sur del Estado de México. *Revista*

Mexicana de Ciencias Pecuarias, volumen (9), págs. 13. doi: 10.22319/rmcp.v9 i1.4345.

Obando, J. R. (2000). *Elementos de Microeconomía*. (1ª ed.). San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.

Parkin, M., & Loría, E. (2010). *Microeconomía*. (9ª ed.). México: Pearson.

Pearce, D. W. (1999). *Diccionario de economía moderna*. (1ª ed.). Madrid, España: Akal.

Pérez, C. (2006). *Problemas resueltos de econometría*. (1ª ed.). Madrid, España: Paraninfo.

Portillo, M., Pérez, F., Figueroa, E., Godínez, L., Pérez Soto, M., & Barrios, G. (2015). La función de producción cúbica, su aplicación en la agricultura. *Revista Mexicana de Agronegocios*, volumen (37), págs. 14. doi: 10.22004/ag.econ.226145.

Ramírez, N., Mungaray, A., Ramírez Urquidy, M. & Taxis, M. (2009). Economías de escala y rendimientos crecientes una aplicación en microempresas mexicanas. *Economía mexicana nueva época*, págs. 18. Recuperado de www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S2007-124201800010000100005&lng=en.

Rodríguez, D. & González, G. (2017). *Principios de econometría*. (1ª ed.). Medellín, Colombia: Instituto Tecnológico Metropolitano.

SAS university. 2020 SAS University Edition. Versión libre disponible en: localhost:10080/SASinformationCenter/index.html.

Shaw N. L., Cantliffe D. J., Rodriguez J. C., Taylor S. & Spencer D. M., (2000). Beit alpha cucumber an exciting new greenhouse crop. *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, volumen (113), págs. 7. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/70c6/d34c0b8dd6339f10239f5f66e853b10543bc.pdf>.

Stock, J., & Watson, M. (2012). *Introducción a la Econometría*. (3ª ed.). Madrid, España: Pearson.

Villa, E., & García, Y. (s.f.). Definición función matemática. *GeoGebra*. Recuperado 1 diciembre, 2019, de <https://www.geogebra.org/m/YzjnjB7a>.

Zamora, E. (2017, febrero). El cultivo de pepino persa (*Cucumis sativus* L.) bajo cubiertas plásticas. págs. 7. Recuperado 8 febrero, 2017, de [http://www.uson.mx/Zamora/ELCULTIVODEPEPINOPERSA\(Cucumissativus\)BAJOCUBIERTASPLASTICAS.pdf](http://www.uson.mx/Zamora/ELCULTIVODEPEPINOPERSA(Cucumissativus)BAJOCUBIERTASPLASTICAS.pdf).