

Determinación de la ubicación, tamaño de rastros y distribución óptima de la carne de cerdo en el estado de México

VELÁZQUEZ-VILLALVA, Héctor Hugo, GÓMEZ-TENORIO, Germán, REBOLLAR-REBOLLAR, Samuel y MARTÍNEZ-CASTAÑEDA, Francisco Ernesto

H. Velázquez´, G. Gómez´, S. Rebollar y F. Martínez´´

´Centro Universitario UAEM Temascaltepec. Carretera Toluca-Tejupilco Km. 67.5, Barrio de Santiago, 51300 Temascaltepec de González, Méx., México.

´Doctor en Ciencias, egresado de la División de Ciencias Económico Administrativas de la U Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México C.P. 50090.
hectoreltino@hotmail.com

F. Rérez, E. Figueroa, L. Godínez (eds.) Matemáticas Aplicadas. Handbook T-I. -©ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 2016.

Abstract

The objective was to determine the location the optimal size of the slaughterhouse and optimal routes of transport of pigs from farms to slaughterhouse and carcasses of slaughterhouse to centers of consumption in State of Mexico for 2030. The information was analyzed with a model of linear programming of minimum cost using de software solver premium platform. The results indicate that with an optimum distribution, would save \$119,107,716 annually, for 2030 using current slaughterhouse the districts Atlacomulco, Tejupilco and Toluca should increase its size of plant, if all slaughterhouses were built new, cannot be located in the districts of Ecatepec, Naucalpan, Tlalnepantla and Tultitlan, the 93.3 % of sacrifices would be held in the districts of Atlacomulco, Chimalhuacan and Toluca.

9 Introducción

En el año 2014 la producción de carne de cerdo en México fue de 1.259 millones de toneladas, siendo los estados con mayor producción Jalisco, Sonora, Puebla, Guanajuato, Yucatán y Veracruz mientras que el consumo nacional aparente (producción más importaciones menos exportaciones) fue de 1.948 millones de toneladas, los estados con mayor consumo fueron: Estado de México, Veracruz, Puebla, Distrito Federal, Chiapas y Jalisco. (SIAP 2014)

En el Estado de México y el Distrito Federal la producción fue de 29,149 toneladas (SIAP 2014), esta cantidad representa solamente el 6.7 % del consumo, el cual ascendió a 433,693 toneladas (CONFEPORC, 2014, INEGI 2010), ambas entidades conforman la principal zona de consumo de carne de cerdo en el país. Para cubrir este déficit se traen cerdos vivos y canales que provienen de otros estados como Jalisco, Sonora, Veracruz y Puebla, así como la importación de canales de Estados Unidos, este movimiento de cerdos vivos y canales representa el 93.3% del consumo.

Esta situación obliga al movimiento de grandes cantidades de cerdo vivo dentro del Estado de México y Distrito Federal, lo que implica alto riesgo de difusión de enfermedades en los cerdos por la contaminación de las carreteras con excremento y orina, además de un gasto considerable para quienes realizan esta actividad.

Por otra parte, se desconoce si la ubicación y el tamaño de los rastros es la adecuada, ya que generalmente el criterio para establecer un rastro en un lugar es por el número de habitantes, sin importar la procedencia de los cerdos, siendo una variable muy importante a considerar para realizar una distribución con costos mínimos de transporte y transformación, ya que en ocasiones, cerdos provenientes del norte del país se sacrifican en el oriente, teniendo que cruzar todo el Estado y el D.F.

El objetivo del presente trabajo fue conocer la ubicación y el tamaño adecuado de los rastros del Estado para el año 2030, así como la distribución óptima (de mínimo costo) de cerdos vivos que se trasladan de las granjas a los rastros y las canales enviadas de los rastros a los centros de consumo. La hipótesis de esta investigación considera que ni la ubicación, ni el tamaño de planta de los rastros en el Estado de México ni las rutas de distribución de granja a rastro y de rastro a centros de consumo serán los óptimos en 2030.

9.1 Metodología

Se utilizó la división del Estado de México según sus distritos socioeconómicos (Edomex 2015), como se muestra en el Cuadro 1, y el Distrito Federal se consideró como distrito consumidor debido a que en él no se encuentran rastros y se abastece de cerdos sacrificados en los rastros del Estado de México.

Tabla 9 Distritos y municipios del Estado de México

Distrito	Municipios
I Amecameca	Amecameca, Atlautla, Ayapango, Chalco, Cocotitlán, Ecatzingo, Juchitepec, Ozumba, Temamatla, Tenango del Aire Tepetlixpa, Tlalmanalco, Valle de Chalco Solidaridad.
II Atlacomulco	Acambay, Aculco, Atlacomulco, Chapa de Mota, Ixtlahuaca, Jilotepec, Jiquipilco, Jocotitlán, Morelos, El Oro, Polotitlán, San Felipe del Progreso, San José del Rincón, Soyaniquilpan de Juárez, Temascalcingo, Timilpan.
III Chimalhuacán	Chicoloapan, Chimalhuacán, Ixtapaluca, La Paz
IV Cuautitlán Izcalli	Coyotepec, Cuautitlán Izcalli, Huehuetoca, Tepetzotlán, Villa del Carbón.
V Ecatepec	Acolman, Axapusco, Ecatepec de Morelos, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temascalapa, Teotihuacán.
VI Ixtapan	Almoloya de Alquisiras, Coatepec Harinas, Ixtapan de la Sal, Joquicingo, Malinalco, Ocuilán, San Simón de Guerrero, Sultepec, Temascaltepec, Tenancingo, Texcaltitlán, Tonicato, Villa Guerrero, Zacualpan, Zumpahuacán.
VII Lerma	Atizapán, Capulhuac, Lerma, Ocoyacac, Oztolotepec, San Mateo Atenco, Temoaya, Tianguistenco, Xalatlaco, Xonacatlán.
VIII Naucalpan	Huixquilucan, Isidro Fabela, Jilotzingo, Naucalpan de Juárez, Nicolás Romero.
IX Nezahualcóyotl	Nezahualcóyotl.
X Tejupilco	Amatepec, Luvianos, Tejupilco, Tlatlaya.
XI Texcoco	Atenco, Chiautla, Chiconcuac, Papalotla, Tepetlaoxtoc, Texcoco, Tezoyuca.
XII Tlalnepantla	Atizapán de Zaragoza, Tlalnepantla de Baz.
XIII Toluca	Almoloya de Juárez, Almoloya del Río, Calimaya, Chapultepec, Metepec, Mexicaltzingo, Rayón, San Antonio la Isla, Tenango del Valle, Texcalyacac, Toluca, Zinacantepec.
XIV Tultitlán	Coacalco de Berriozabal, Cuautitlán, Melchor Ocampo, Tultepec, Tultitlán, Teoloyuca.
XV Valle de Bravo	Amanalco, Donato Guerra, Ixtapan del Oro, Otzoloapan, Santo Tomás, Valle de Bravo, Villa de Allende, Villa Victoria, Zacazonapan.
XVI Zumpango	Apaxco, Hueypoxtla, Jaltenco, Nextlalpan, Tequixquiác, Tonanitla, Zumpango.

Fuente: Elaboración propia con información de Edomex.

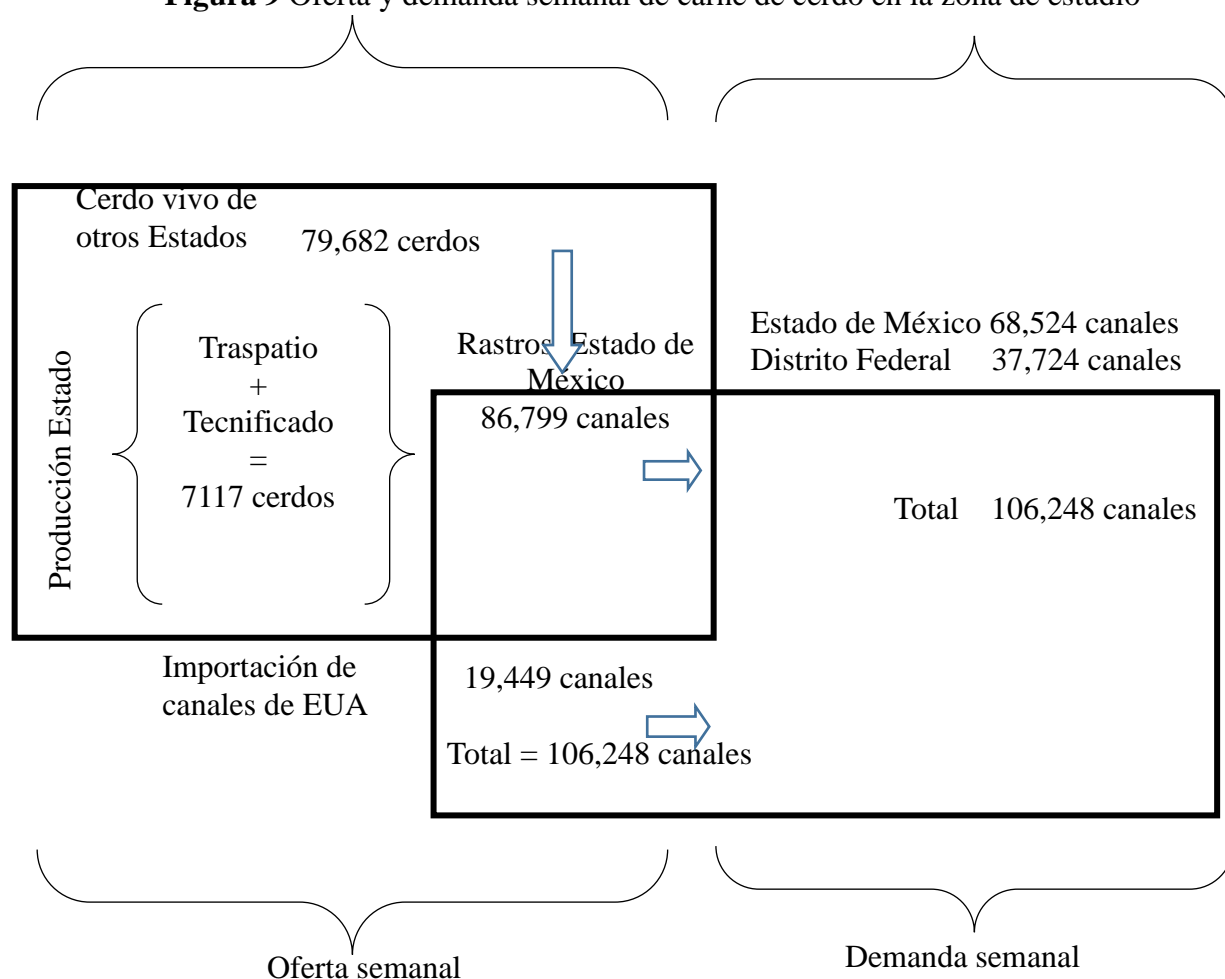
La información utilizada se obtuvo de la siguiente manera: Para conocer como está estructurada la producción total (oferta) de los distritos (SIAP 2014), se calculó la producción de granjas tecnificadas que se encuentran en cada distrito considerando el inventario de hembras del censo pecuario (SENASICA 2014) con un parámetro productivo de 22.98 cerdos destetados por hembra por año y 4.37 de mortandad de destete a rastro (Pic Latam 2014). La producción de traspatio se obtuvo restando a la producción por distrito reportada por el SIAP la producción de granjas tecnificadas. Se aumentó la oferta con los cerdos vivos que entran al Estado y que se sacrifican en los rastros del mismo y se completó con las canales importadas y las que provienen de otros estados.

Para conocer el consumo (demanda) de cada uno de los distritos se obtuvo la información de su población del censo del 2010 (INEGI 2010) y con la tasa media de crecimiento anual del estado, se obtuvo la población esperada en 2014 y 2030. Esta población se multiplicó por el consumo *per cápita* de 16 kg reportado para la zona por la Confederación de Porcicultores (CONFEPORC, 2014). Esta cantidad se dividió entre 75 kg promedio de una canal para conocer la demanda de canales por distrito.

El número de cerdos sacrificados por semana, el costo de sacrificio y la capacidad instalada se obtuvo de forma directa con los rastros que se encuentran actualmente en el Estado de México

Los datos obtenidos fueron anuales, y se dividieron entre 52 semanas para obtener los datos semanales.

Figura 9 Oferta y demanda semanal de carne de cerdo en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia con resultados obtenidos de la investigación.

El costo de transporte de granja a rastro se determinó considerando una distancia mínima de 20 km dentro del distrito y se calculó la distancia entre los distritos con la herramienta de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes punto a punto, considerando el municipio con el que se nombra el distrito como referencia para el cálculo (SCT 2014). El transporte empleado para el traslado de cerdos vivos y canales es especializado por lo tanto de mayor costo por km recorrido, Se consideró un costo de 28 pesos por km. para cerdos vivos.

En el caso del costo de transporte de rastro a centro de consumo se utilizaron las mismas distancias, pero se modificó el costo a 21 pesos por km. para canales de cerdo estos costos se obtuvieron de forma directa a través de una entrevista realizada a una empresa particular que realiza servicios de transporte de carga especializada.

Para la presente investigación se formuló un modelo de programación lineal de mínimo costo, donde la función objetivo minimiza la suma del costo de transporte de cerdos de la granja a rastro, el costo de transformación de cerdo a canal (sacrificio) y el costo de distribución de canales de rastro a centros de consumo.

Modelo lineal de producción y distribución (Tankayama *et. al.*, 1964)

$$MIN(C) = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij}^{\delta} x_{ij}^{\delta} + \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n t_{ij}^k x_{ij}^k + \sum_{i=1}^n c_i^k x_i^k \quad (9)$$

Donde:

$MIN(C)$ = Mínimo costo

ij = Regiones

δ = Cerdos

k = Canales

t = Transporte

X = Cantidad

c = Costo

Este modelo está sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij}^k \leq x_i^k, \text{ para todo } i \text{ Donde:}$$

x_{ij}^k = Cantidad de canales enviadas de rastro a centros de consumo

x_i^k = Cantidad de canales obtenidas en rastro

$$s_i^{\delta} - \sum_{j=1}^n x_{ij}^{\delta} + \sum_{j=1}^n x_{ji}^{\delta} \geq x_i^k, \text{ para todo } i \text{ Donde:}$$

s_i^{δ} = Número de cerdos producidos en granja

x_{ij}^{δ} = Cerdos enviados del distrito i a distrito j

x_{ji}^{δ} = Cerdos enviados del distrito j al distrito i

x_i^k = Cantidad de canales obtenida en rastro

$$s_i^m \geq x_i^k, \text{ para todo } i$$

Donde:

s_i^m = Capacidad de planta de cada rastro

x_i^k = Cantidad de canales obtenida en rastro

$$\sum_{j=1}^n x_{ji}^k \geq y_i^k, \text{ para todo } i$$

Donde:

x_{ji}^k = Cantidad de canales enviadas de rastros a centros de consumo

y_i^k = Cantidad demandada de canales

$$x_{ji}^k, x_i^k, x_{ij}^k, x_{ij}^\delta \geq 0$$

Donde:

x_{ji}^k = Cantidad de canales enviadas de la región j a la región i

x_i^k = Cantidad de canales obtenida en rastro

x_{ij}^k = Cantidad de canales enviadas de la región i a la región j

x_{ij}^δ = Cerdos enviados de región i a región j

Supuestos económicos considerados en el modelo.

- Un área geográfica puede ser dividida en n municipios que pueden ser productores y consumidores.
- Los consumidores demandan cerdos y/o canales homogéneos.
- Los consumidores son indiferentes al origen de los cerdos y/o canales.
- Los productores de cada municipio producen x cantidad de cerdos.
- La demanda total de canales debe ser igual a la oferta total de canales.
- Los costos de transporte son independientes de la cantidad de cerdo y/o canales.

Una vez lista la información se utilizó para el análisis el software Solver Premium Platform 2014-R2 el cual desarrolla modelos de programación lineal que se utilizan en la optimización de recursos, (maximizar ganancias o ingresos y/o minimizar costos), a través de una función lineal (función objetivo), sujeta a un conjunto de restricciones lineales, que se pueden representar como igualdades o desigualdades. (Calderón, 1995)

Se creó un primer escenario de mínimo costo con los datos 2014 para conocer el flujo óptimo de animales, canales y su costo mínimo de transportación y matanza y un segundo escenario de máximo costo para conocer la diferencia económica entre ambos.

Para obtener la ubicación y el tamaño óptimos de los rastros para 2030 se crearon dos escenarios más, en el tercero se consideró el mínimo costo de distribución utilizando los rastros existentes actualmente y en el cuarto eliminando la restricción de los rastros actuales. Para ello, se realizaron las proyecciones de producción con la tasa media de crecimiento anual de la producción porcina en el Estado de México y Distrito Federal, la proyección del consumo con la tasa media de crecimiento anual de la población manteniendo el mismo consumo *per cápita*.

9.2 Resultados

Escenario No 1: Mínimo costo de transporte y matanza en 2014. La distribución óptima tiene un costo semanal de \$10,585,602. Los flujos comerciales óptimos para cerdos vivos y canales se muestran en el Cuadro 2 y 3 respectivamente.

Tabla 9.1 Flujo óptimo de cerdos vivos de distritos granja a distrito rastro

Distrito <i>i</i> a Distrito <i>j</i>		Distrito <i>i</i> a Distrito <i>j</i>	
Amecameca Amecameca	1202	Ixtapan Ixtapan	563
Atlacomulco Atlacomulco	2123	Lerma Amecameca	363
Atlacomulco Chimalhuacán	4049	Naucalpan Amecameca	278
Atlacomulco Cuautitlán Izcalli	196	Nezahualcóyotl Amecameca	147
Atlacomulco Ecatepec	12080	Tejupilco Ixtapan	107
Atlacomulco Lerma	3127	Tejupilco Tejupilco	110
Atlacomulco Naucalpan	6277	Texcoco Amecameca	579
Atlacomulco Tlalnepantla	8939	Tlalnepantla Amecameca	43
Atlacomulco Toluca	5552	Toluca Amecameca	379
Atlacomulco Tultitlán	8308	Toluca Ixtapan	105
Atlacomulco Zumpango	369	Tultitlán Ecatepec	243
Chimalhuacán Amecameca	7001	Valle de Bravo Tejupilco	121
Chimalhuacán Chimalhuacán	22237	Valle de Bravo Valle de Bravo	718
Cuautitlán Izcalli Tlalnepantla	176	Zumpango Chimalhuacán	990
Ecatepec Chimalhuacán	417	Total	86799

Fuente: Elaboración con resultados propios de la investigación.

Tabla 9.2 Flujo óptimo de canales de distrito rastro a distrito centro de consumo

Distrito <i>i</i> a Distrito <i>j</i>		Distrito <i>i</i> a Distrito <i>j</i>	
Amecameca Amecameca	4114	Lerma Distrito Federal	3127
Amecameca Distrito Federal	5878	Naucalpan Tlalnepantla	5211
Atlacomulco Atlacomulco	4339	Naucalpan Distrito Federal	1066
Atlacomulco Toluca	6983	Tejupilco Tejupilco	231
Atlacomulco Valle de Bravo	1050	Tlalnepantla Ecatepec	2256
Atlacomulco Zumpango	1129	Tlalnepantla Naucalpan	6641
Atlacomulco Distrito Federal	8071	Tlalnepantla Tultitlán	218
Chimalhuacán Chimalhuacán	6821	Toluca Ixtapan	1174
Chimalhuacán Nezahualcóyotl	5015	Toluca Lerma	2825
Chimalhuacán Texcoco	1841	Toluca Distrito Federal	1553
Chimalhuacán Distrito Federal	14015	Tultitlán Cuautitlán Izcalli	3541
Cuautitlán Izcalli Tultitlán	196	Tultitlán Tultitlán	4767
Ecatepec Ecatepec	8309	Valle de Bravo Tejupilco	483

Ecatepec Distrito Federal	4014	Valle de Bravo Valle de Bravo	235
Ixtapan de la Sal Ixtapan	775	Zumpango Zumpango	369
		Total	106248

Fuente: Elaboración con resultados propios de la investigación.

Escenario No 2: Máximo costo de transporte y matanza en 2014. Se obtuvo que el costo máximo asciende a \$12,876,135 la diferencia entre realizar la distribución de la mejor y peor manera es de \$2,290,533 semanales, o sea \$119,107,716 anualmente.

Escenario No 3: Mínimo costo de distribución y matanza, ubicación y tamaño óptimo en 2030 considerando los rastros actuales. El costo mínimo de transporte de granja a rastro, de sacrificio y de transporte de canales a centros de consumo ascendería a \$11,361,948 anuales en 2030.

Los rastros ubicados actualmente en el Estado tienen una capacidad instalada del 94.3 % de lo que se requerirá para 2030, sin embargo la ubicación y el tamaño de éstos no es la adecuada, ya que los resultados indican que deberían existir rastros mayores en los distritos de Atlacomulco, Tejupilco y Toluca (Tabla 4), para el sacrificio de 9138, 345 y 13598 cerdos más por semana respectivamente, es decir aumentar su capacidad actual en 338%, 116% y 199%, mientras que el resto de los rastros deberían trabajar a una capacidad menor a la instalada, para generar una distribución de mínimo costo.

Tabla 9.3 Ubicación y tamaño de planta proyectada a 2030, considerando la planta actual de los rastros

Distrito	Capacidad instalada 2014	Proyectado 2030	Variación %
I Amecameca	11563	9992	-13.6
II Atlacomulco	2702	11840	338.2
III Chimalhuacán	35063	27693	-21.0
IV Cuautitlán Izcalli	248	196	-21.0
V Ecatepec	14655	12323	-15.9
VI Ixtapan	926	775	-16.3
VII Lerma	3935	3127	-20.5
VIII Naucalpan	7989	6277	-21.4
X Tejupilco	296	641	116.6
XII Tlalnepantla	11587	9115	-21.3
XIII Toluca	6823	20421	199.3
XIV Tultitlán	8308	8308	0.0
XV Valle de Bravo	718	718	0.0
XVI Zumpango	369	369	0.0
TOTAL	105461	111796	6.0

Fuente: Elaboración con resultados propios de la investigación.

Escenario No 4: Mínimo costo de distribución y matanza del año 2030 sin considerar los rastros existentes. El costo mínimo de distribución y sacrificio sería de \$10,755,761 semanalmente, \$606,187 menos que en el escenario anterior, lo que significarían \$31,521,724 anuales.

No contempla rastros en los distritos de Ecatepec, Naucalpan, Tlalnepantla y Tultitlán (Tabla 5), donde actualmente existen, y el 93.3% de los sacrificios deberían realizarse en los distritos de Atlacomulco, Chimalhuacán y Toluca.

Tabla 9.4 Ubicación y tamaño de planta proyectada a 2030, sin considerar la planta actual de los rastros

Distrito	Capacidad instalada 2014	Proyectado 2030	Variación %
I Amecameca	11563	1574	-86
II Atlacomulco	2702	44573	1550
III Chimalhuacán	35063	38584	10
IV Cuautitlán Izcalli	248	2396	866
V Ecatepec	14655	0	-100
VI Ixtapan	926	725	-22
VII Lerma	3935	1091	-72
VIII Naucalpan	7989	0	-100
X Tejupilco	296	867	193
XII Tlalnepantla	11587	0	-100
XIII Toluca	6823	21125	210
XIV Tultitlán	8308	0	-100
XV Valle de Bravo	718	493	-31
XVI Zumpango	369	369	0
TOTAL	105461	111796	6.0

Fuente: Elaboración con resultados propios de la investigación.

9.3 Conclusiones

La forma en que se desarrolla la distribución de cerdos vivos de granja a rastro y de canales de cerdo de rastro a centros de consumo no es la óptima.

La ubicación y el tamaño óptimo de los rastros no es el adecuado debido a que su localización no minimiza el costo de distribución.

La proyección para 2030 indica que solamente debe aumentarse la capacidad de planta en tres distritos del estado.

Se debe analizar si es más rentable construir los nuevos rastros o ampliar los existentes de acuerdo a una distribución óptima, o seguir utilizando los rastros actuales que propician un mayor costo en el proceso de comercialización de cerdos y sus canales en el Estado de México y el Distrito Federal.

9.4 Agradecimientos

Al CONACyT por el apoyo otorgado al primer autor durante sus estudios de doctorado, el cual se realizó gracias al financiamiento del Consejo con el proyecto con número de clave 191398.

9.5 Referencias

Calderón M. S. (1995) Matemáticas para la economía y la empresa editorial Pirámide Edición Cuarta p. 315

CONFEPORC Confederación de Porcicultores Mexicanos A.C. (). Información del sector <http://www.cmp.org/>. Consultado 15 de diciembre 2014

INEGI, Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. <http://www.inegi.org.mx/> censo de población y vivienda 2010. Consultado el 15 de Noviembre de 2014

Pic Latam, Benchmark del sector porcino en América Latina, <http://www.piclatam.com>. Consultado el 15 de Enero de 2015

SCT, Secretaria de Comunicaciones y Transportes () <http://www.sct.gob.mx/rutas> punto a punto. Consultado 5 de Noviembre del 2014

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/ganaderia-resumen-municipal-pecuario>. Consultado el 20 Enero del 2014

SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria <http://www.senasica.gob.mx/> Censo pecuario 2014, Consultado el 6 enero de 2015

Tankayama, T. And Judge G. G. (1964) Spatial Equilibrium and linear Programing J Farm Econ 46: 67-93