

REVISTA DIGITAL



Propuesta para ubicar un centro de  
recolección de ixtle en el Municipio de  
Tantoyuca, Veracruz

Proposal to locate an ixtle collection center  
in Tantoyuca's Municipality, Veracruz

Celia Francisco-Martínez<sup>1</sup>, Franklin Cruz-Matías<sup>1</sup>, Fabiola Sánchez  
Galván<sup>1</sup>, Horacio Bautista-Santos<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz, México.

---

Recibido: 09-11-2017  
Aceptado: 05-12-2017

Autor corresponsal: Celia Francisco-Martínez celia\_2192@hotmail.com

## Resumen

En la Huasteca Veracruzana se utilizan fibras de agave (ixtle) para la elaboración de productos artesanales. La distribución geográfica del cultivo se concentra en tres congregaciones pertenecientes al municipio de Tantoyuca, Veracruz. Se propone la ubicación de un centro de recolección de Ixtle a partir del modelo p-mediana y un conjunto de ubicaciones candidatas, con el objetivo de tener un mejor acceso de dicha materia prima y que ésta pueda ofertarse a un mejor precio, así como también beneficiar a los campesinos recolectores de ixtle, obteniendo mayores ingresos económicos, en lugar de vender la fibra o productos ya terminados en el centro de Tantoyuca Ver., viéndose afectados por los compradores que regularmente pagan menos por sus productos y posteriormente los venden a un precio mayor; es por eso que los campesinos podrán realizar la venta en un lugar establecido.

Palabras clave: P-mediana, centro de acopio, Ixtle.

## Abstract

In the Huasteca Veracruzana agave fibers (Ixtle) are used for the elaboration of artisanal products. The geographic distribution of the crop is concentrated in three congregations of Tantoyuca's Municipality, Veracruz. The location of an Ixtle collection center is proposed from the P-median model and a set of candidate locations, with the aim of having better access to such raw material and that it can be offered at a better price, as well as to benefit the peasant harvesters of Ixtle, getting higher economic income, instead of to sell the fiber or finished products in the center of Tantoyuca Ver., being affected by buyers who regularly pay less for their products and then sell them at a higher price; that is why the peasant will be able to make the sale in a set place.

Keywords: P-median, collection center, Ixtle.

## Introducción

La localización de instalaciones investiga dónde ubicar físicamente un conjunto de entidades candidatas, para satisfacer las demandas de un grupo de clientes, sujeto a una serie de restricciones para seleccionar una ubicación óptima (Hale & Moberg, 2003), se define también como el proceso de elegir un lugar geográfico entre varios disponibles para realizar las operaciones de una empresa, bajo las dimensiones de: localización, asignación y capacidad (Carro & González, 2012).

Los modelos de localización son una herramienta de la investigación de operaciones que se pueden aplicar en la toma de decisiones de las organizaciones, este problema ha sido ampliamente estudiado (Klose & Drexl, 2005) y existen diversos modelos de localización que varían de acuerdo al caso práctico, por ejemplo, el problema p-centro (Hakimi, 1964) pertenece a los modelos de máxima distancia, su objetivo es minimizar la máxima distancia entre un nodo de demanda y su instalación o almacén más cercano, dado que se tiene un número predeterminado de instalaciones que ubicar.

El modelo p-mediana (Hakimi, 1964) encuentra la ubicación de p instalaciones de modo que se minimice la demanda-distancia total entre los nodos-demanda. Es un modelo matemático utilizado para la propuesta de ubicación de instalaciones, su objetivo es encontrar la ubicación de una cantidad fija de instalaciones que se encuentran dentro de la red de nodos que satisfacen la demanda del cliente, siempre minimizando las distancias recorridas y los costos asociados (Daskin, 2011).

El Ixtle es una planta parecida al henequén, pero de fibra más fina y dura, que produce el Agave(Ibarra, 1938); su comercialización a nivel nacional, está acaparado por 5 empresas, las cuales por medio de DICONSA (Sistema de Distribuidoras Conasupo, S.A. de C.V.) y un esquema de acopio logran almacenar el total de Ixtle de lechuguilla producido en los ejidos de las principales regiones Ixtleras del país, es decir; reciben el Ixtle y a cambio el recolector recibe productos de la canasta básica como pago a su producto y en ocasiones recibe un pequeño porcentaje en efectivo que no va más allá del 10% del valor de su producto, para posteriormente procesarlo y producir fibra de Ixtle de lechuguilla mejor conocido en el mercado como “Tampico Fiber”, actualmente sólo el 7% de Tampico Fiber se comercializa a 6 empresas cepilleras mexicanas, por lo que habría que buscar contactarse y establecer convenios de abasto de fibra directamente con las cooperativas de recolectores y talladores del país (Kalan, 2009).

En el presente trabajo se propone ubicar un centro de recolección de Ixtle en la congregación Xiloxuchitl perteneciente al municipio de Tantoyuca, Veracruz, a partir de tres centros de recolección de Ixtle candidatos, se seleccione el idóneo mediante el modelo matemático de la p-mediana, con la finalidad de que los clientes accedan con mayor facilidad a dicha materia prima y que los campesinos (recolectores de Ixtle) lo vendan a mejor precio; la propuesta se considera factible debido a que en las comunidades pertenecientes al municipio de Tantoyuca se utiliza la fibra de Ixtle para la manufactura de morrales, retas o sogas, reatillas, hilos, billeteras, monederos, cinturones, portafolios, bolsos, bolsas, sacudidores, entre otros, además de que los campesinos no cuentan con un lugar establecido para ofrecer su materia prima, venden sus productos terminados en el municipio de Tantoyuca, teniendo que recorrer las calles ofreciendo su producto y teniendo que venderlos a un menor precio por la necesidad del recurso económico. Por lo anterior se presenta la necesidad de ubicar un centro de recolección de Ixtle en el municipio de Tantoyuca, Veracruz, en el cual los productores de ixte puedan vender su fibra a un precio razonable y para que artesanos o compradores accedan fácilmente a esa materia prima para la posterior elaboración del producto terminado.

### Materiales y métodos

El modelo de localización-asignación optima P-mediana, tiene como objetivo determinar la localización de un cierto número de facilidades p de modo de minimizar la demanda-distancia total entre los nodos de demanda y la facilidad a la cual son asignados (Hakimi, 1964). Para la aplicación del modelo se sigue la formulación propuesta por (Current, Daskin, & Schilling, 2002), la formulación es la siguiente:

$$\text{Min } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} h_i d_{ij} y_{ij} \quad (1.1)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in J} X_j = p \quad (1.2)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (1.3)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (1.4)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (1.5)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (1.6)$$

Donde:

$I$  = conjunto de los nodos de demanda  $i$ .

$J$  = conjunto de las localizaciones candidatas de las facilidades  $j$ .

$d_{ij}$  = distancia entre la demanda nodo  $i$  y su facilidad candidata localizada en el sitio  $j$ .

$h_i$  = demanda nodo  $i$ .

$p$  = número de facilidades para localizar.

Con las variables de decisión:

$x_i = 1$ , si se localiza en el sitio  $j$ ; 0, en otro caso.

$y_{ij} = 1$ , si la demanda del nodo  $i$  es asignada a la facilidad ubicada en el sitio  $j$ ; 0, en otro caso.

La función objetivo (1.1) minimiza la demanda-distancia total entre los nodos de demanda y las facilidades seleccionadas. La restricción (1.2) significa que existen  $p$  facilidades para ser instaladas. La restricción (1.3) requiere que cada nodo de demanda sea asignado a sólo una facilidad. La restricción (1.4) sólo permite que la demanda de un nodo sea asignada a una facilidad abierta, esto es, una facilidad seleccionada. El conjunto de restricciones (1.5) y (1.6) establecen la naturaleza del modelo(Araneda & Moraga, 2005).

La Tabla 1 muestra las comunidades, pertenecientes a la congregación Xiloxuchitl, que se dedican al cultivo de Ixtle.

Tabla 1.Cultivo de Ixtle

Nodo	Lugar	Nodo	Lugar
1	Xiloxuchitl	6	Ixtle Blanco
2	El Chiquero	7	Mecapala
3	Las Agujas	8	Potrero 1
4	Las Lajitas	9	Potrero 2
5	Tanzaquil	10	La Mora

Fuente: Los autores

Se utilizó la aplicación Google Maps para determinar la distancia entre cada una de las comunidades, así como de las comunidades hacia los centros de distribución establecidos. En la figura 1, se observa la ubicación de cada una de las comunidades pertenecientes a la congregación de Xiloxuchitl que cultivan Ixtle.



Figura 1.Ubicación de Cultivos de Ixtle.

Fuente: Los autores.

El modelo P-mediana se utiliza para seleccionar la ubicación a partir de los posibles Centros de Recolección de Ixtle. Por lo tanto, la Tabla 2 muestra las instalaciones propuestas con su respectiva dirección. Dichas propuestas surgieron a partir de ubicaciones localizadas en las afueras de la cabecera municipal de Tantoyuca y en zonas de fácil acceso para los productores de Ixtle.

Tabla 2. Dirección de los Centros de Recolección (CR).

Centro de recolección	Ubicación (Dirección)
CR 1	Calle Cuauhtémoc 1773, 18 de Marzo, 92127, Tantoyuca, Veracruz
CR 2	Miguel Alemán, 18 de Marzo, Tantoyuca, Veracruz.
CR 3	A Xilozuchitl, El Abra, Tantoyuca, Veracruz.

Fuente: Los autores.

La ubicación geográfica, de los tres CR, se observan en la Figura 2, los cuales se obtuvieron de la aplicación Google Maps.

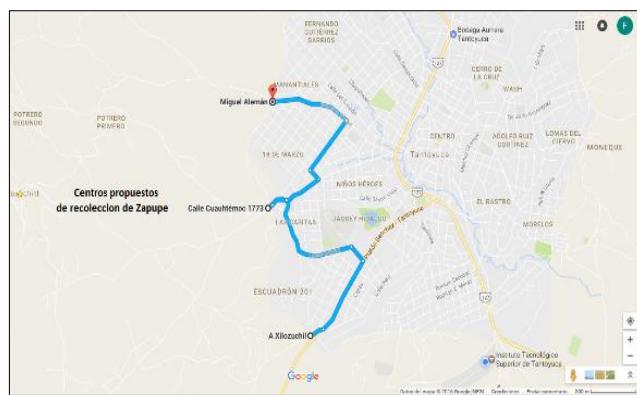


Figura 2.Ubicación de los centros de recolección propuestos.

Fuente: Los autores.

Las distancias en (Km) de cada una de las comunidades a los CR propuestos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Distancias (Km) entre CR a Comunidades.

Nodos	Distancias entre CR y Comunidades (Km)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CR 1	4.	5.	2.	0.8	3.4	3.	8.	2.	3.9	6.
	6	9	9	5		7	2	5		5
CR 2	4.	5.	5.	3.1	4.8	5.	8.	2.	3.9	6.
	5	9	3			9	3	4		5
CR 3	6.	6.	3.	3.3	0.9	3.	8.	5.	6.4	7.
	5	6	2			9	5	0		5

Fuente: Los autores.

Se estimó la demanda de fibra de Ixtle de acuerdo a (Betanzos, 2009), y a información recabada en trabajos de campo por parte de alumnos del ITSTA, además se considera el número de viviendas/familias por cada comunidad, los cuales se aprecian en la Tabla 4.

Tabla 4. Demanda mensual de ixtle.

Nodo	Lugar	Viviendas	Demandas mensuales (kg.)	Fuente: Los autores.
1	Xiloxuchitl	114	1041.66	
2	El Chiquero	55	502.55	
3	Las Agujas	74	676.16	
4	Las Lajitas	56	511.69	
5	Tanzaquil	82	749.26	
6	Ixtle Blanco	73	657.89	
7	Mecapala	77	703.58	
8	Potrero 1	80	730.99	
9	Potrero 2	95	868.05	
10	La Mora	96	877.19	

Los datos obtenidos de la Tabla 4, además de las distancias calculadas en la Tabla 3, se ingresan a un programa en Lingo (Figura 3) para localizar la ubicación óptima del Centro de recolección de Ixtle, cuyo objetivo es seleccionar la ubicación óptima de una cantidad de opciones fija y minimizando las distancias recorridas y/o costos asociados.

```

MODEL;
SETS:
  Clientes/1..10/: h; ! i; !Comunidades;
  Almacenes/CR1, CR2, CR3/: x; !j; !Centros de recolección propuestos;
  Distancia(Clientes, Almacenes): d, y;
ENDSETS
DATA:
  p =  1; !ubicar 1 solo centro de recolección;

  h =  1041.66 502.55 676.16 511.69 749.26 657.89 703.58 730.99 868.05 877.19;!Producción de ixtle en kg;
    !CR1 CR2 CR3;
  d =  4.6   4.5   6.5 !Distancia entre cada centro de distribución hacia cada una de las comunidades;
    5.9   5.9   6.6
    2.9   5.3   3.2
    0.85  3.1   3.3
    3.4   4.8   0.9
    3.7   5.9   3.9
    8.2   8.3   8.5
    2.5   2.4   5.0
    3.9   3.9   6.4
    6.5   6.5   7.5;
  y = 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0;
ENDATA
!Función objetivo;
MIN = @SUM (Distancia(i,j): h(i)*d(i,j)*y(i,j));

! p almacenes a abrir;
@SUM (Almacenes(j): x(j)) = p;

! Todos los clientes deben ser asignados;
@FOR (Clientes(i): @SUM (Almacenes(j): y(i,j)) = 1);

! La demanda de cada cliente se asigna a un almacén;
@FOR (Clientes(i): @FOR (Almacenes(j): y(i,j) - x(j) <= 0));

! Variables binarias;
@FOR (Almacenes(j): @BIN (x));
@FOR (Distancia(1..10,1..10): @BIN (y));
END

```

Figura 3. Código en Lingo.

Fuente: Los autores.

### Resultados y discusión

En la Figura 4, se observan 3 variables, P indica el número de centros de recolección a ubicar, H indica la producción de ixtle de cada comunidad en Kg y X da como resultado el centro de recolección con la ubicación óptima (CR1-Calle Cuauhtémoc 1773, 18 de Marzo, 92127, Tantoyuca, Veracruz).

Variable	Value	Reduced Cost
P	1.000000	0.000000
H( 1)	1041.660	0.000000
H( 2)	502.5500	0.000000
H( 3)	676.1600	0.000000
H( 4)	511.6900	0.000000
H( 5)	749.2600	0.000000
H( 6)	657.8900	0.000000
H( 7)	703.5800	0.000000
H( 8)	730.9900	0.000000
H( 9)	868.0500	0.000000
H( 10)	877.1900	0.000000
X( CR1)	1.000000	0.000000
X( CR2)	0.000000	0.000000
X( CR3)	0.000000	0.000000

Figura 4.Ubicación del CR óptimo.

Fuente: Los autores.

La variable D (ver Figura 5), muestra las distancias entre los centros de recolección y cada una de las comunidades.

D( 1, CR1)	4.600000	0.000000
D( 1, CR2)	4.500000	0.000000
D( 1, CR3)	6.500000	0.000000
D( 2, CR1)	5.900000	0.000000
D( 2, CR2)	5.900000	0.000000
D( 2, CR3)	6.600000	0.000000
D( 3, CR1)	2.900000	0.000000
D( 3, CR2)	5.300000	0.000000
D( 3, CR3)	3.200000	0.000000
D( 4, CR1)	0.8500000	0.000000
D( 4, CR2)	3.100000	0.000000
D( 4, CR3)	3.300000	0.000000
D( 5, CR1)	3.400000	0.000000
D( 5, CR2)	4.800000	0.000000
D( 5, CR3)	0.9000000	0.000000
D( 6, CR1)	3.700000	0.000000
D( 6, CR2)	5.900000	0.000000
D( 6, CR3)	3.900000	0.000000
D( 7, CR1)	8.200000	0.000000
D( 7, CR2)	8.300000	0.000000
D( 7, CR3)	8.500000	0.000000
D( 8, CR1)	2.500000	0.000000
D( 8, CR2)	2.400000	0.000000
D( 8, CR3)	5.000000	0.000000
D( 9, CR1)	3.900000	0.000000
D( 9, CR2)	3.900000	0.000000
D( 9, CR3)	6.400000	0.000000
D( 10, CR1)	6.500000	0.000000
D( 10, CR2)	6.500000	0.000000
D( 10, CR3)	7.500000	0.000000

Figura 5. Distancias entre CR y comunidades.

Fuente: Los autores.

En la Figura 6, se observan las comunidades, numeradas del 1 al 10, son asignadas al centro de recolección con la ubicación óptima. Todas las comunidades deben ser asignadas al mismo centro de recolección debido a que esta restricción se limitó en la programación de Lingo.

Y( 1, CR1)	1.000000	4791.636
Y( 1, CR2)	0.000000	4687.470
Y( 1, CR3)	0.000000	6770.790
Y( 2, CR1)	1.000000	2965.045
Y( 2, CR2)	0.000000	2965.045
Y( 2, CR3)	0.000000	3316.830
Y( 3, CR1)	1.000000	1960.864
Y( 3, CR2)	0.000000	3583.648
Y( 3, CR3)	0.000000	2163.712
Y( 4, CR1)	1.000000	434.9365
Y( 4, CR2)	0.000000	1586.239
Y( 4, CR3)	0.000000	1688.577
Y( 5, CR1)	1.000000	2547.484
Y( 5, CR2)	0.000000	3596.448
Y( 5, CR3)	0.000000	674.3340
Y( 6, CR1)	1.000000	2434.193
Y( 6, CR2)	0.000000	3881.551
Y( 6, CR3)	0.000000	2565.771
Y( 7, CR1)	1.000000	5769.356
Y( 7, CR2)	0.000000	5839.714
Y( 7, CR3)	0.000000	5980.430
Y( 8, CR1)	1.000000	1827.475
Y( 8, CR2)	0.000000	1754.376
Y( 8, CR3)	0.000000	3654.950
Y( 9, CR1)	1.000000	3385.395
Y( 9, CR2)	0.000000	3385.395
Y( 9, CR3)	0.000000	5555.520
Y( 10, CR1)	1.000000	5701.735
Y( 10, CR2)	0.000000	5701.735
Y( 10, CR3)	0.000000	6578.925

Figura 6. Asignación de comunidades al CR óptimo.

Fuente: Los autores.

## Conclusiones

Después de haber aplicado el modelo p-mediana con programación en Lingo, se propone que el centro de recolección de ixtle debe estar ubicado en Calle Cuauhtémoc 1773, 18 de Marzo, 92127, Tantoyuca, Veracruz (CR1), mismo que será abastecido por las comunidades de Xiloxuchitl, El Chiquero, Las Agujas, Las Lajitas, Tanzaquil, Ixtle Blanco, Mecapala, Potrero 1, Potrero 2 y La Mora. Con la realización de esta propuesta se beneficiará a los campesinos recolectores de ixtle, obteniendo así mayores ingresos económicos, en lugar de vender la fibra o productos ya terminados en el centro de Tantoyuca Ver, viéndose afectados por los compradores que regularmente pagan menos por sus productos y posteriormente los venden a un precio mayor; es por eso que los campesinos podrán realizar la venta en un lugar establecido.

El uso de la plataforma Lingo y del modelo matemático P-Mediana en este estudio permitió: 1) Ubicar un centro de recolección de Ixtle, a partir de tres centros de recolección propuestos en zonas accesibles para los productores. Obtener una solución óptima que minimizara las distancias entre comunidades y/o costos asociados; y 2) El código en lenguaje Lingo facilitó la aplicación del modelo

matemático P-Mediana, ajustándose los datos a las restricciones que proporciona el modelo.

La aplicación de casos de estudio como el presentado, son de gran importancia debido a la relevancia que tienen de acuerdo al desarrollo de las actividades indígenas que se desarrollan en la zona, beneficiando así a los pueblos y personas involucradas durante el proceso de recolección de Ixtle.

### Referencias bibliográficas

- Araneda, M. R. H., & Moraga, S. R. J. (2005). La decisión de localización en la cadena de suministro. *Revista Ingeniería Industrial*, 4(1).
- Betanzos, R. A. (2009). Manejo del ixtle para la manufactura de productos útiles en la comunidad “teenek” de Xilozuchil municipio de Tantoyuca, Veracruz
- Carro, R., & González, G. D. A. (2012). Localización de instalaciones. Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.
- Current, J., Daskin, M., & Schilling, D. (2002). Discrete network location models. *Facility location: applications and theory*, 1, 81-118.
- Daskin, M. S. (2011). *Network and discrete location: models, algorithms, and applications*: John Wiley & Sons.
- Hakimi, S. L. (1964). Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations research*, 12(3), 450-459.
- Hale, T. S., & Moberg, C. R. (2003). Location science research: a review. *Annals of operations research*, 123(1), 21-35.
- Ibarra, R. (1938). Estudio sobre el Ixtle. *El trimestre económico*.
- Kalan, K. S. C. (2009). Estudio Orientado a Identificar los Mercados y Canales de Comercialización Internacionales para la Oferta de Productos de Ixtle con Valor Agregado. Integradora de ixtleros de Zacatecas S.A. de C.V.
- Klose, A., & Drexl, A. (2005). Facility location models for distribution system design. *European journal of operational research*, 162(1), 4-29.