

Estadística y cálculo vectorial en la economía de la salud en el sector público con respecto a la diabetes¹

*Pedro Pablo Espinosa,
espinosa_pedro_pablo@lilly.com*

RESUMEN

Los recursos para atender las necesidades epidemiológicas de la población mexicana son limitados, por lo que se requieren estrategias que contribuyan a la mejora de la calidad de vida al asignar dichos recursos utilizando criterios analíticos que involucren la efectividad en la asignación de los mismos para mejorar el estado de salud de la población mexicana.

Palabras clave: diabetes, estadística, economía.

¹ Un reconocimiento por el apoyo brindado a las alumnas: Barrón Pérez, Regina; Epstein Escalona Sara; Freyre Castro Regina; Hernández Peredo Martínez Ana Luisa; Navarro Pliego, Natalia, de la licenciatura en Administración y Hospitalidad, de ESDAI, Universidad Panamericana.

PROBABILITY AND VECTOR CALCULUS IN THE HEALTH ECONOMICS IN THE PUBLIC SECTOR WITH DIABETES

ABSTRACT

The resources to meet the epidemiological needs of the Mexican population are limited, so strategies are needed to improve the quality of life, through the allocation of these resources using analytical criteria that involve the effectiveness in the allocation of resources to improve the health status of the Mexican population.

Keywords: diabetes, statistics, economy.

CONSTRUCCION DEL INTERVALO DE CONFIANZA DE LA CANTIDAD DE SERVICIOS OTORGADOS EN SALUD EN MEXICO EMPLEANDO LA SIMULACIÓN DE “N” ITERACIONES EN VISUAL BASIC Y MINITAB

Desde la antigüedad, los doctores han hecho el juramento de Hipócrates en el que se comprometen a establecer el régimen médico más conveniente para los pacientes evitando todo mal e injusticia. Bajo ese lineamiento, el esquema general para hacer una evaluación económica aplicada a la salud toma en primer lugar definir la intervención de interés junto con las demás intervenciones con las que se va a comparar. Una vez definidas las intervenciones, se cuantifican las consecuencias o desenlaces de las intervenciones. En esta investigación, para detectar las intervenciones de mayor contribución, se buscó a través de la Secretaría de Salud de Mexico la publicación de la base de datos sobre servicios otorgados que se muestra en la Tabla 1.

La columna “Total de Servicios Otorgados” es la variable dependiente (Y) que se calcula en un 88% de las veces como la suma de los egresos de cada una de las especialidades médicas, por lo que las especialidades son las variables independientes ($X_1 =$ Medicina Interna, $X_2 =$ Cirugía ... $X_6 =$ No especificado). Por tanto, nuestra ecuación es la siguiente:

$$Y = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6$$

Para construir un intervalo de confianza, el primer paso es probar la normalidad de estos datos, para ello ingresamos en el software *Minitab* a los datos de la columna “Total de Servicios Otorgados” de la siguiente manera:

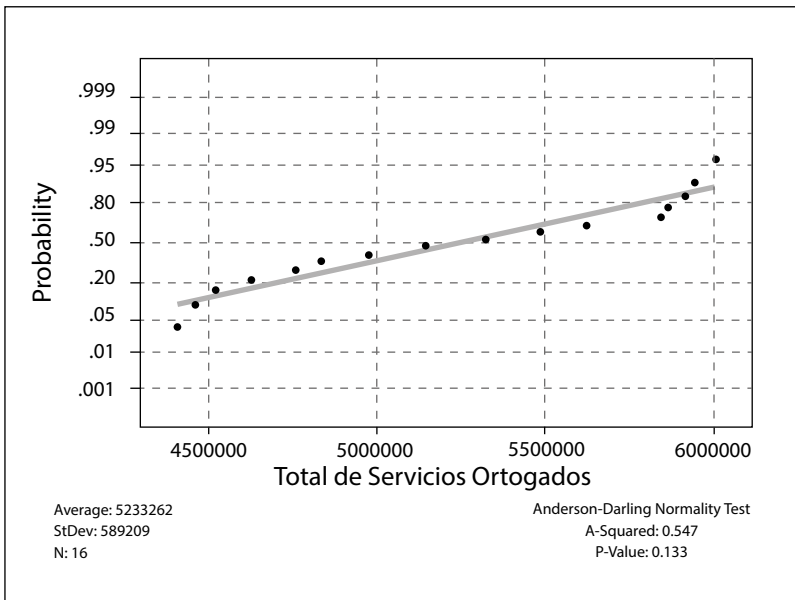
Tabla 1. Cantidad de servicios otorgados en salud por intervención de cada especialidad médica.

Año	Entidad federativa	Total de servicios otorgados	Egresos 1/						No especificado
			Medicina Interna	Cirugía	Gineco-Obstetricia	Pediatría	Otras especialidades		
2015	Estados Unidos Mexicanos	5,918,748	1,231,111	1,467,122	2,194,213	735,743	290,559	-	
2014	Estados Unidos Mexicanos	6,006,611	1,263,480	1,435,732	2,249,298	742,853	286,433	28,815	
2013	Estados Unidos Mexicanos	5,866,493	1,201,936	1,381,117	2,220,881	733,970	251,348	77,241	
2012	Estados Unidos Mexicanos	5,944,408	1,212,195	1,384,951	2,243,687	729,490	250,065	124,020	
2011	Estados Unidos Mexicanos	5,845,996	1,163,051	1,361,817	2,234,181	723,352	175,818	187,777	
2010	Estados Unidos Mexicanos	5,624,665	1,130,581	1,289,930	2,168,917	727,320	225,157	82,760	
2009	Estados Unidos Mexicanos	5,486,760	927,717	1,021,596	2,175,587	678,369	669,029	14,462	
2008	Estados Unidos Mexicanos	5,321,720	888,338	1,030,976	2,098,844	664,790	638,679	93	
2007	Estados Unidos Mexicanos	5,148,431	1,108,994	1,250,369	1,874,452	725,021	185,589	4,006	
2006	Estados Unidos Mexicanos	4,974,399	964,946	1,140,657	1,876,737	659,485	270,421	62,153	
2005	Estados Unidos Mexicanos	4,832,146	956,054	1,116,136	1,819,305	674,939	261,876	3,836	
2004	Estados Unidos Mexicanos	4,756,980	917,541	1,079,215	1,751,186	666,517	256,110	86,411	
2003	Estados Unidos Mexicanos	4,624,369	897,035	1,028,408	1,694,254	628,127	288,518	88,027	
2002	Estados Unidos Mexicanos	4,518,843	855,876	1,001,457	1,670,226	638,341	284,046	107,126	
2001	Estados Unidos Mexicanos	4,454,961	842,504	985,724	1,641,039	622,897	279,221		
2000	Estados Unidos Mexicanos	4,406,658	812,623	943,486	1,640,864	632,426	377,259		
	Media	589,209	157,978	181,092	245,648	43,747	141,165	56,448	
	Desviación Estándar	5,233,262	1,023,374	1,182,418	1,972,104	686,478	311,883	61,909	

1/ Incluye información de la Comisión Nacional de Protección en Salud (Seguro Popular), Hospitales Universitarios, Hospital del Niño Poblano y Estatales. No incluye sector privado.

- Establecemos que la hipótesis nula H_0 afirma que los datos siguen una distribución normal y definimos $\alpha = 0.10$, de tal forma que si la prueba P-Value de Anderson-Darling es mayor a α , aceptamos H_0 .
- Pegamos en *Minitab* los datos de la columna "Total de Servicios Otorgados".
- Elegimos Stat > Basic Statistics > Normality Test > Anderson-Darling.
- Al ver que P-Value > 0.10 concluimos que hay suficiente evidencia estadística que sugiere aceptar H_0 .

Gráfica 1. Prueba de normalidad de los datos de servicios otorgados.



Por otra parte, como sabemos que los datos siguen aproximadamente una distribución normal, procedemos a calcular la media y la desviación estándar de cada variable independiente.

En Excel empleamos las siguientes fórmulas:

- Para la desviación estándar se empleó = STDEV (*Rango de datos que contiene los egresos de cada especialidad médica*).
- Para el promedio se empleó = AVERAGE (*Rango de datos que contiene los egresos de cada especialidad médica*).

Tabla 2. Media y desviación estándar por especialidad médica.

	Egresos 1/					
	Medicina Interna	Cirugía	Gineco-Obstetricia	Pediatría	Otras Especialidades	No especificado
Desviación Estándar	157,978	181,092	245,648	43,747	141,165	56,448
Media	1,023,374	1,182,418	1,972,104	686,478	311,883	61,909

Como sólo se han publicado los datos de 16 años, necesitamos robustecer los resultados para la creación del intervalo de confianza, por lo que se simularon “n” cantidad de años. Dicha “n” cantidad de años representan las “n” iteraciones en nuestro modelo de simulación con Excel para cada variable independiente empleando tres fórmulas en Excel:

- Para generar un número aleatorio desde cero hasta uno que represente a la probabilidad, se empleó = RAND (). Esta fórmula tiene la ventaja que al oprimir la tecla F9 se actualiza el número aleatorio automáticamente.
- Con el fin de encontrar un valor (X_i) para cada variable independiente que siga la media y la desviación estándar de dicha variable independiente se empleó = NORM.INV (RAND (), AVERAGE (*Rango de datos*), STDEV (*Rango de datos*)).
- Se empleó la fórmula = ABS () para que el resultado final sea un valor positivo, pues en la vida real no existe una cantidad negativa de servicios otorgados en salud.
- Cada vez que se oprimió F9, se generó una iteración donde se obtuvo un nuevo valor de la cantidad de servicios

otorgados en salud (Y) acorde a la tendencia histórica de las variables independientes.

Simular “n” iteraciones, implicaría oprimir “n” veces la tecla F9 y registrar los resultados. Para agilizar todas las operaciones, se siguieron los pasos mostrados a continuación para crear una subrutina en visual basic:

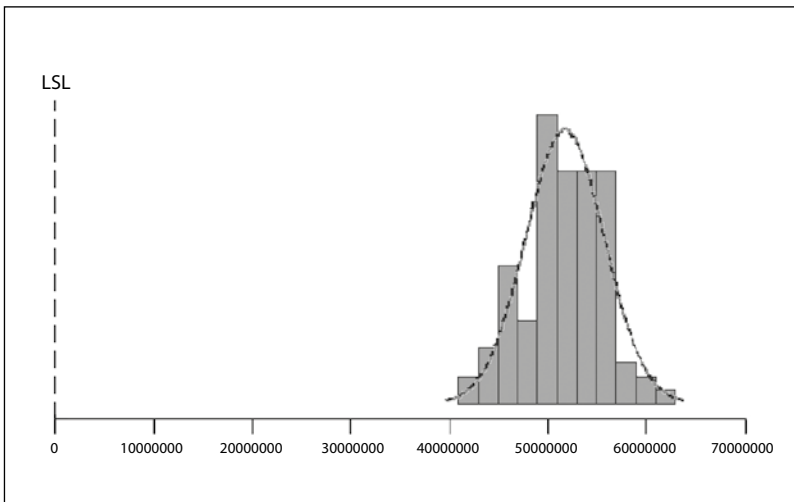
1. Se ingresó al programa Excel y en la celda D26 se escribió la fórmula que suma todos los valores que provengan de la fórmula = NORM.INV () de cada especialidad médica
2. Se eligió el menú View > Macros > Record Macro
3. Se escribió el siguiente código:

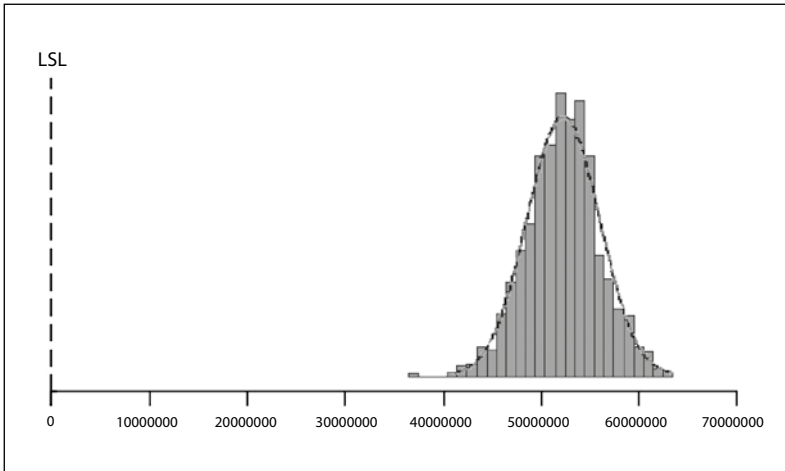
```
' *****  
Sub ESDAI_simulacion_con_n_iteraciones()  
' Esta macro realizada por las alumnas de tercer semestre  
' ejecuta “n” iteraciones para realizar la simulación  
' de los servicios otorgados por el Sistema de Salud Nacio-  
nal de México  
Dim i As Long, a As Long  
Dim Servicios_Otorgados As Double  
a = Val(InputBox(“¿cuantas iteraciones (ciclos) deseas si-  
mular?”, , 100))  
Columns(“P:P”).Clear  
Range(“D27”).Select  
For i = 1 To a  
Servicios_Otorgados = Range(“D26”)  
Range(“D28”) = i  
Cells(i, “P”) = Servicios_Otorgados  
Next i  
End Sub  
' *****
```

4. Se ejecutó la subrutina oprimiendo el botón RunSub

La subrutina de visual basic declara las variables “i” y “a” como números enteros y a la variable Servicios Otorgados como variable continua. Al oprimir el botón RunSub lanza un cuadro de diálogo preguntando “¿cuántas iteraciones deseamos simular?” Una vez elegida la cantidad de iteraciones, la subrutina borra todos los números de la columna P y hace que se active la fórmula = RAND () mediante el ciclo For-Next tantas veces se haya escrito en el primer cuadro de diálogo lanzado por la subrutina. Para cada activación de la fórmula = RAND (), la subrutina guarda el valor que se obtenga de la celda D26 en la columna P. Por tanto, la columna P contendrá todos los valores simulados de la cantidad de servicios otorgados siguiendo las distribuciones de probabilidad de cada especialidad médica. Dichos datos se utilizarán para calcular la desviación estándar y media como se muestran en las Gráficas 2 y 3.

Gráfica 2. Simulación con 100 iteraciones (menos cercana a la distribución normal).



Gráfica 3. Simulación con 1000 iteraciones (más cercana a la distribución normal).

Al ejecutar dos veces la simulación, una vez con 100 iteraciones y la otra con 1000 iteraciones, se analizó que es más confiable utilizar los valores de la simulación con mil iteraciones pues los resultados de la variable Y siguen una distribución más cercana a la normal; por lo tanto, el intervalo de confianza se construyó como se muestra a continuación:

$$\text{confianza del 95\% : } \bar{x} \pm 1.96 \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$5,225,905 - 1.96 \times \frac{370400}{\sqrt{1000}} \leq 5,225,905 \leq 5,225,905 + 1.96 \times \frac{370400}{\sqrt{1000}}$$

$$5,202,947 \leq 5,225,905 \leq 5,248,862 \text{ servicios otorgados por egresos}$$

Este resultado permite observar que con 95% de confianza la cantidad de servicios otorgados bajo las condiciones de presupuesto de epidemiología y de servicios de salud, a lo largo del periodo de tiempo estudiado y simulado, no sobrepasa a los

5,248,862 egresos; sin embargo, desde 2008 la cantidad de servicios otorgados sale de este intervalo de confianza, tal vez debido a la mayor inclusión de derechohabientes a los servicios de Seguro Popular, pero también denota el riesgo de quedar sin los recursos necesarios para satisfacer las necesidades en salud de la población mexicana que puede deberse al crecimiento de la incidencia de diabetes que, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se trata de una amenaza mundial y uno de los retos más importantes de salud pública, debido a que provoca un deterioro significativo de la calidad de vida y muerte prematura.

También observamos que las intervenciones de medicina interna son la tercera especialidad con mayor contribución a los servicios otorgados. Además, empleando la fórmula de crecimiento, vemos que es la segunda especialidad con mayor crecimiento en sus servicios otorgados desde el 2008. Cabe destacar que la especialidad de medicina interna cuenta con mayor número de médicos que atienden a la mayoría de pacientes con diabetes junto con las especialidades de medicina general y familiar en el IMSS, ISSSTE y SSA, pues son las especialidades de primer contacto para el paciente recién diagnosticado o en tratamiento.

$$\text{Crecimiento de Servicios de Medicina Interna 2015 vs 2008} = \frac{\text{egresos 2015}}{\text{egresos 2018}} - 1 = \frac{1,231,111}{888,338} - 1 = 39\%$$

ANALISIS ECONÓMICO: LA PERSPECTIVA ESTATAL Y POR HOSPITAL EMPLEANDO COST-EFFECTIVENESS RATIO A TRAVÉS DE LA CLAVE UNICA DE ESTABLECIMIENTO EN SALUD (CLUE) Y CALCULO VECTORIAL

El análisis económico de intervenciones en salud es una herramienta que permite hacer comparaciones entre los costos y los

beneficios de las diferentes alternativas para abordar un mismo problema clínico. Esta herramienta se puede usar como criterio para priorizar servicios y asignar recursos gracias a que brinda información sobre las ganancias que obtendrá un paciente por cada peso invertido en una intervención en su salud, lo cual puede servir como criterio para decidir con cuáles intervenciones se pueden obtener los máximos beneficios en salud con los recursos disponibles. Este análisis se resume en una razón, cuyo denominador son los desenlaces y cuyo numerador son los costos. Esta puede ser una razón de costo-efectividad si se expresa como el costo por unidad de efecto en salud (por ejemplo, el costo por año de vida salvada si se administra insulina para controlar el nivel de glucosa en personas con diabetes). Esta relación entre costos y consecuencias apoya a quien debe tomar decisiones en la asignación de recursos para la salud, de tal forma que se pueda obtener el máximo beneficio de la manera más eficiente, es decir, que se logre el mayor efecto por gasto unitario. Los beneficios que se obtienen de una intervención en la salud pueden ser cambios en la mortalidad, cambios en la incidencia, duración o gravedad de una enfermedad o variaciones en la aparición o severidad de discapacidad o secuelas.

En economía, el concepto de costo es el consumo de un recurso que podría haberse utilizado con otro fin. Como el recurso ya fue consumido, la oportunidad para utilizarlo para otro propósito se perdió. A continuación, se muestra una comparación de costos que se pueden incluir en un análisis económico desde varias perspectivas del paciente con diabetes ver la Tabla 3.

Ya que la diabetes se caracteriza por niveles excesivos de azúcar en la sangre, encontramos los siguientes tipos de diabetes:

Tabla 3. Costos que se pueden evaluar en un análisis económico.

Perspectiva	Costos que deben tenerse en cuenta.
Paciente (asegurado)	Costos directos: gastos en transporte, alimentación, costos de atención domiciliaria. Costos indirectos: tiempo sin laborar.
Hospital	Costos directos: medicamentos, insumos, servicios generales (lavandería, administración, farmacia), laboratorios, costos de personal médico y de enfermería.
Sociedad	Costos directos: medicamentos, insumos, días de estancia, laboratorios, honorarios de profesionales, costos de transporte. Costos indirectos: tiempo sin laborar.

- Diabetes tipo 1.** El cuerpo produce poca o nada de insulina debido un proceso auto-inmunitario en el que las células productoras de insulina son destruidas. En este tipo de diabetes, las inyecciones diarias de insulina son necesarias, por lo que existe dependencia a las insulinas (insulinodependientes). Ejemplo de insulinas administradas en el sector público son: insulina humana de acción intermedia (CCB1050 y CCB4157) insulinas análogas entre las que encontramos lispro (CBB4162), lispro protamina (CCB 4148), aspártica (CCB4156), detemir (CCB4165) y glargina (CCB4158)
- Diabetes tipo 2.** Compone la mayoría de los casos de diabetes, ocurre cuando el páncreas no produce la cantidad suficiente de insulina para conservar los niveles adecua-

dos de azúcar en la sangre, a menudo porque el cuerpo no responde bien a la insulina. Por lo anterior, podemos definir que son personas no insulino dependientes a quienes se les puede prescribir hipoglucemiantes y antidiabéticos orales como la metformina (CCB5165), glibenclamida (CCB1042). Mucha gente con diabetes tipo 2 no conoce que tienen la enfermedad

Para garantizar el abasto de estos medicamentos el sector salud realizó la compra consolidada en 2016 de los requerimientos del sector público para el 2017. Las compras se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. *Inversión en medicamentos.*

	CCB	Precio 2016	Piezas	Inversión
Patente	010.000.4162.00	\$207.86	196,654	\$40,876,500
Patente	010.000.4148.01	\$285.50	1,255,906	\$358,561,163
Patente	010.000.4165.01	\$650.00	21,858	\$14,207,700
Patente	010.000.4156.00	\$250.00	4,229	\$1,057,250
Genérico	010.000.1050.01	\$35.83	11,006,816	\$394,374,217
Genérico	010.000.4157.00	\$286.67	15,841	\$4,541,139
Genérico	010.000.4158.00	\$109.81	2,007,372	\$220,429,519
Genérico	010.000.1042.00	\$3.39	23,672,074	\$80,248,331
Genérico	040.000.5351.00	\$41.73	763,141	\$31,845,874

Empleando los datos de la Tabla 4, se observa que hubo una inversión de \$1,034,047,490 para insulinas y \$112,094,205 para el resto. Con el propósito de analizar la distribución de esta inversión por geografía estatal, se empleó la base de datos sobre egresos

hospitalarios de la Dirección General de Información en Salud publicada por la Secretaría de Salud de México en 2015, dicha base de datos viene organizada en varios campos (columnas) mostrados en la Tabla 5.

Tabla 5. Campos que se encuentran en la base de datos publicada por la Secretaría de Salud.

Nombre del campo	Descripción del campo
CLUES	Clave Única de Establecimientos en Salud.
MOTEGRE	Motivo del egreso.
SEXO	Sexo.
GPO_EDAD	Grupo de edad al que pertenece el paciente.
AFECPRIN4	Código CIE-10 de la reselección de la afección principal a 4 caracteres.
DIAS_ESTA CASOS	Días de estancia (0 para Servicio de Corta Estancia). Número de casos.

Para manejar la base datos se consideraron las siguientes suposiciones:

1. La base de datos en bruto se visualiza como se muestra a continuación:

CLUES	MOTEGRE	SEXO	EDAD	EDAD 1	DÍAS_ESTA	AFECPRIN4	CASOS
JCIMS001392	2	2	5	89	2	E100	1
DFSSA003162	2	2	3	24	9	E100	1
DFSSA003973	2	1	4	56	6	E100	1

Esta forma de presentar la información es útil para ahorrar espacio en el disco duro de una computadora, pero para

facilitar su lectura se puede decodificar usando otros catálogos, como se explica en los siguientes pasos

2. Para conocer a qué hospital y estado corresponde cada reglón, se empleó la fórmula en Excel = VLOOKUP () en el campo CLUES, quedando como se muestra a continuación:

CLUES	Nombre de la entidad	Nombre del Hospital
JCIMS001392	Jalisco	HGR 180 Tlajomulco
DFSSA003162	Distrito Federal	Hospital General Xoco

3. Para conocer el motivo de egreso se empleó la misma fórmula = VLOOKUP () en la segunda columna como se muestra a continuación:

CLUES	Nombre de la entidad	Nombre del Hospital	MOTEGRE
JCIMS001392	Jalisco	HGR 180 Tlajomulco	Mejoría
DFSSA003162	Distrito Federal	Hospital General Xoco	Mejoría

Esta nueva columna es importante, pues permite ver si el paciente se curó, se mejoró, decidió salirse del hospital voluntariamente, se trasladó a otro hospital o sufrió defunción, al llevar estos datos a una proporción podemos estimar la probabilidad que tienen los pacientes de salvar la vida en un hospital determinado

4. Para conocer la afección que tuvo el paciente se empleó la fórmula = VLOOKUP () en el campo AFECPRIN4, quedando como se aprecia a continuación:

CLUES	Nombre de la entidad	Nombre del Hospital	MOTEGRE	AFECPRIN4
JCIMS001392	Jalisco	HGR 180 Tlajomulco	Mejoría	Diabetes mellitus insulino dependiente
DFSSA003162	Distrito Federal	Hospital General Xoco	Mejoría	Diabetes mellitus insulino dependiente

La información de esta columna se utilizó para conocer si el paciente fue diagnosticado como insulino dependiente o no insulino dependiente. Para efectos de nuestra investigación, únicamente se utilizaron los renglones que mostraban los casos que correspondían a estas dos afecciones.

5. Una vez que se generó la tabla completa del paso 4, se contaron la cantidad de renglones que hay de casos insulino dependientes y no insulino dependientes por estado y también se contabilizaron los renglones de los pacientes que sufrieron defunción.
6. Para mostrar la proporción, se convirtieron a porcentaje todos los valores del paso 5.
7. Suponemos que los pacientes no insulino dependientes solamente fueron tratados con antidiabéticos orales e hipoglucemiantes y que los pacientes insulino dependientes fueron tratados solo con insulinas. Y también se supuso que el flujo del paciente a través de las terapias siempre comienza como no insulino dependientes y avanza hacia complicaciones que llevan a la insulino dependencia para minimizar las complicaciones derivada de la severidad de

la diabetes. Se realizaron estas suposiciones debido a que la base de datos no muestra la progresión de las terapias para cada paciente ni los medicamentos utilizados para cada uno de ellos.

8. Para calcular el % de costo de la compra consolidada 2016 destinado a pacientes insulino dependientes, se ponderó el total de la inversión de insulinas (\$1,034,047,490) de acuerdo a la cantidad de pacientes insulino dependientes por estado.
9. Para calcular el % costo de la compra consolidada 2016 destinado a pacientes no insulino dependientes se ponderó el total de la inversión del resto de medicinas (\$112,094,205) de acuerdo a la cantidad de pacientes no insulino dependientes por estado.
10. Para calcular el cost-effectiveness ratio se empleó la siguiente fórmula, tomando como numerador los porcentajes del costo de la compra consolidada 2016 y como denominador se tomaron los porcentajes de la columna % MOTEGRE:

$$\text{Cost-effectiveness ratio DF} = \frac{\% \text{ costo de la compra insulino dependiente} - \% \text{ costo de la compra no insulino dependiente}}{\text{Probabilidad de vida con la terapia insulino dependiente} - \text{Probabilidad de vida con la terapia insulino dependiente}}$$

$$\text{Cost-effectiveness ratio DF} = \frac{92\% - 8\%}{98\% - 2\% \text{ pacientes}} = \frac{84\%}{96\% \text{ pacientes}} = 87.5\% \text{ de deficiencia en costo por vida salvada}$$

Los cinco estados con mayor contribución al número de defunciones se listan en la Tabla 6.

Con el propósito de conocer cuál de estos 4 estados obtendría una mayor tasa de crecimiento del beneficio si incrementara el

Tabla 6. Cost –effectiveness ratio.

Estado	% AFECPRIN4			% DIAS_ESTA			% MOTEGRE DEFUNCIÓN			% COSTO DE LA COMPRA CONSOLIDADA 2016	
	Diabetes mellitus insulinode-pendiente	Diabetes mellitus no insulinode-pendiente	Diabetes mellitus insulinode-pendiente	Diabetes mellitus insulinode-pendiente	Diabetes mellitus no insulinode-pendiente	Diabetes mellitus insulinode-pendiente	Diabetes mellitus no insulinode-pendiente	Diabetes mellitus insulinode-pendiente	Diabetes mellitus no insulinode-pendiente	Diabetes mellitus no insulinode-pendiente	COST EFECTI- VNESS RATIO
Distrito Federal	8%	92%	7%	93%	2%	98%	92%	8%		\$ 0.88	
Veracruz de Ignacio de la	3%	97%	3%	97%	1%	99%	80%	20%		\$ 0.62	
México	6%	94%	7%	93%	5%	95%	91%	9%		\$ 0.90	
Guanajuato	5%	95%	4%	96%	3%	97%	88%	12%		\$ 0.80	
Jalisco	7%	93%	6%	94%	5%	95%	92%	8%		\$ 0.92	

uso de esquemas de terapia con insulina bajo la terapia de insulino-dependencia, se ajustaron a una cónica del tipo.

$Ax^2 + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$ los resultados del cost-effectiveness ratio como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Ajuste a una cónica de los datos del cost-effectiveness ratio.

	x	y cost effecti- veness ratio	Ax^2	Bxy	Cy^2	Dx	Ey	F
Distrito Federal	1	\$ 0.88	1	0.881364	0.776802	1	0.881364	1
Veracruz de Ignacio de la Llave	2	\$ 0.62	4	1.233407	0.380323	2	0.616703	1
México	3	\$ 0.90	9	2.698418	0.809051	3	0.899473	1
Guanajuato	4	\$ 0.80	16	3.189294	0.635725	4	0.797323	1
Jalisco	5	\$ 0.92	25	4.611251	0.850545	5	0.92225	1

Empleando métodos matriciales, se arreglaron los datos de la siguiente forma:

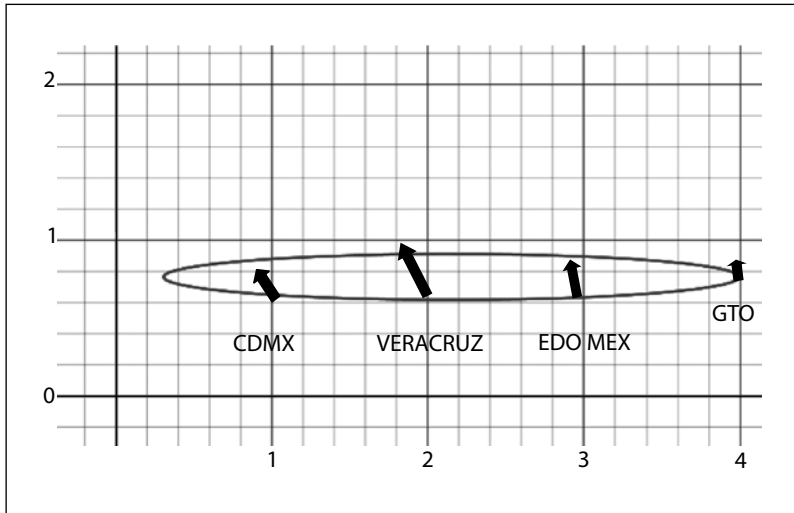
$$\begin{pmatrix} C \\ D \\ E \\ F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1^2 + x_1 + y_1 + 1 \\ y_2^2 + x_2 + y_2 + 1 \\ y_3^2 + x_3 + y_3 + 1 \\ y_4^2 + x_4 + y_4 + 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} -x_1^2 \\ -x_2^2 \\ -x_3^2 \\ -x_4^2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} C \\ D \\ E \\ F \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.7768 + 1 + 0.8814 + 1 \\ 0.3803 + 2 + 0.6167 + 1 \\ 0.8091 + 3 + 0.8995 + 1 \\ 0.6357 + 4 + 0.7973 + 1 \end{pmatrix}^{-1} \times \begin{pmatrix} -1 \\ -4 \\ -9 \\ -16 \end{pmatrix}$$

Al resolver las matrices, obtenemos la siguiente ecuación cónica.

$f(x,y) = x^2 + 156.1y^2 - 4.3x - 239y + 92.7 = 0$, cuya gráfica se muestra en la Gráfica 4.

Gráfica 4. Mapa de contorno que presenta la curva de nivel de la función del cost-effectiveness ratio en la CDMX, Veracruz, Estado de México y Guanajuato.



La curva de nivel de la Gráfica 4 es una elipse, que al derivar parcialmente con respecto a "x" y a "y" obtenemos el vector gradiente.

$$f(x,y) = x^2 + 156.1y^2 - 4.3x - 239y + 92.7$$

$$\text{derivando respecto a "x"} \quad \partial f(x,y) / \partial x = 2x - 4.3$$

$$\text{derivando respecto a "y"} \quad \partial f(x,y) / \partial y = 312.2y - 239$$

el gradiente se conforma de las dos derivadas parciales calculadas arriba de la siguiente manera: $\nabla f(x,y) = (2x - 4.3)\mathbf{i} + (312.2y - 239)\mathbf{j}$

El valor máximo para cada estado se obtuvo empleando dos pasos:

- Se sustituyeron los valores (x,y) de cada estado dentro del gradiente.
- Se calculó la magnitud del vector utilizando el teorema de Pitágoras.

Gradiente del cost-effectiveness ratio en CDMX: $\nabla f(1,0.88) = -2.3\mathbf{i} + 36.16\mathbf{j}$

Magnitud del vector en CDMX: $\|\nabla f(1,0.88)\| = [(-2.3)^2 + (36.16)^2]^{1/2} = \underline{4.2}$

Gradiente del cost-effectiveness ratio en VERACRUZ: $\nabla f(2,0.62) = -0.3\mathbf{i} - 46.47\mathbf{j}$

Magnitud del vector en VERACRUZ: $\|\nabla f(2,0.62)\| = [(-0.3)^2 + (46.47)^2]^{1/2} = \underline{4.6}$

Gradiente del cost-effectiveness ratio en EDO MEX: $\nabla f(3,0.9) = 1.7\mathbf{i} + 41.81\mathbf{j}$

Magnitud del vector en EDO MEX: $\|\nabla f(3,0.9)\| = [(1.7)^2 + (41.81)^2]^{1/2} = \underline{4.4}$

Gradiente del cost-effectiveness ratio en GUANAJUATO: $\nabla f(4,0.8) = 3.7\mathbf{i} + 9.92\mathbf{j}$

Magnitud del vector en GUANAJUATO: $\|\nabla f(4,0.8)\| = [(3.7)^2 + (9.92)^2]^{1/2} = \underline{2.5}$

Estos resultados indican que la gráfica $f(x,y)$ está muy inclinada en el punto que le corresponde a Veracruz siendo este punto donde ocurre la máxima tasa de crecimiento del cost-effectiveness ratio.

CONSIDERACIONES FINALES

De acuerdo con la Secretaría de Salud, en México, el 95 por ciento de los casos de diabetes mellitus es de tipo 2 y afecta al 9.2 por ciento de los mexicanos. Este padecimiento junto con las enfermedades cardiovasculares son las dos principales causas de muerte en la población mexicana. Por ello, es necesario promover la medicina preventiva mediante los chequeos continuos; es decir volvernos proactivos en lugar de reactivos.

El análisis económico de intervenciones en salud es una herramienta que permite hacer comparaciones entre los costos y los beneficios de las diferentes alternativas para abordar un mismo problema clínico. Esta herramienta se puede usar como criterio para priorizar servicios y asignar recursos gracias a que brinda información sobre las ganancias que obtendrá un paciente por cada peso invertido en una intervención en su salud, lo cual puede servir como criterio para decidir con cuáles intervenciones se pueden obtener los máximos beneficios en salud con los recursos disponibles.

Los beneficios que se obtienen de una intervención en la salud pueden ser cambios en la mortalidad, cambios en la incidencia, duración o gravedad de una enfermedad o variaciones en la aparición o severidad de discapacidad o secuelas.

FUENTES DE CONSULTA

Datos de los egresos hospitalarios y servicios otorgados en México. Disponible en línea en:

www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/sinai/estadisticas.html

Mortalidad en México durante el 2016. Disponible en línea en:
http://oment.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/11/FMidete_Asumiendo-Control-Diabetes-2016.pdf

Presupuesto económico de compra de medicamentos para el 2017.
Disponible en línea en: <http://www.imss.gob.mx/compraconsolidada2016>

Copyright of Hospitalidad ESDAI is the property of Universidad Panamericana and its content may not be copied or emailed to multiple sites or posted to a listserv without the copyright holder's express written permission. However, users may print, download, or email articles for individual use.