



*Asesorías y Tutorías para la Investigación Científica en la Educación Puig-Salabarría S.C.  
José María Pino Suárez 400-2 esq a Lerdo de Tejada, Toluca, Estado de México. 7223898473*

RFC: ATI120618V12

**Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.**

<http://www.dilemascontemporaneoseducacionpoliticayvalores.com/>

**Año: VII**

**Número: Edición Especial**

**Artículo no.:28**

**Período: Noviembre, 2019.**

**TÍTULO:** Análisis basado en técnicas de econometría espacial para la predicción de la Diabetes Mellitus en Ecuador.

**AUTORES:**

1. Dra. Carmen Magaly León Segura.
2. Máster. Vicente Navarrete Luque.
3. Máster. Sandro Herrería Vanegas.

**RESUMEN:** La economía intermedia con la realidad social en busca de respuestas que propicien la optimización de la actuación humana, deviene la econometría un método que en condiciones determinada materializa esta intención. La diabetes es una afección crónica que se caracteriza por un exceso de glucosa en la sangre, y si no se trata oportunamente, puede provocar diversas complicaciones, e incluso llevar a la muerte. En el presente trabajo se analizan los resultados de una investigación realizada por los autores en Duran, Ecuador, en comunidades con factores de riesgo que permitió establecer la incidencia de las condiciones socioeconómicas en este padecimiento mediante la utilización de técnicas de econometría espacial.

**PALABRAS CLAVES:** Econometría, diabetes mellitus, factores de riesgo, incidencia, prevalencia.

**TITLE:** Analysis based on spatial econometric techniques for the prediction of Diabetes Mellitus in Ecuador.

**AUTHORS:**

1. Dr. Carmen Magaly León Segura.
2. Master. Vicente Navarrete Luque.
3. Master. Sandro Herrería Vanegas.

**ABSTRACT:** The intermediate economy with the social reality in search of answers that propitiate the optimization of the human action, becomes the econometrics a method that under conditions determines this intention. Diabetes is a chronic condition that is characterized by an excess of glucose in the blood, and if it is not treated in a timely manner, it can cause various complications, and even lead to death. This paper analyzes the results of an investigation carried out by the authors in Duran, Ecuador, in communities with risk factors that allowed establishing the incidence of socioeconomic conditions in this condition through the use of spatial econometrics techniques.

**KEY WORDS:** Econometrics, diabetes mellitus, risk factors, incidence, prevalence.

**INTRODUCCIÓN.**

En los últimos años, las condiciones de salud en el mundo han mostrado un dinamismo particular. La prevalencia de la Diabetes Mellitus está en aumento, en particular existe una incidencia elevada de individuos que padecen de esta enfermedad.

La Diabetes Mellitus es una enfermedad de etiología múltiple, caracterizada por hiperglicemia crónica con trastornos del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas a causa de la deficiencia en la secreción de insulina por la destrucción de células beta de los islotes del páncreas y la consecuente ausencia de la hormona o de su acción por el aumento de la resistencia periférica a la insulina debido a una variedad de causas, no todas conocidas o de ambas (Roca, 2002).

El comienzo de la enfermedad suele ser de forma brusca, con cetoacidosis, en niños y adolescentes. Otros tienen moderada hiperglucemia basal que puede evolucionar rápidamente a hiperglucemia severa y/o cetoacidosis en presencia de infección o estrés.

Algunos individuos, principalmente adultos, pueden mantener suficiente función residual de la célula beta, que previene durante años la aparición de cetoacidosis. Estos individuos pueden volverse eventualmente dependientes de la insulina, presentando riesgo de cetoacidosis y precisando tratamiento insulínico para sobrevivir. En las fases tardías de la enfermedad hay poca o ninguna secreción insulínica. Habitualmente, el peso es normal o por debajo de lo normal, pero la presencia de obesidad no es incompatible con el diagnóstico. Estos pacientes son propensos a otras alteraciones autoinmunes, tales como enfermedad de Graves, tiroiditis de Hashimoto, enfermedad de Addison, vitíligo y anemia perniciosa.

La Diabetes Mellitus se clasifica en Diabetes I y Diabetes II, a esta última se le conoce como la diabetes del adulto. Los factores de riesgo son el envejecimiento, la obesidad, la historia de familia con diabetes, el sedentarismo, diabetes gestacional, la intolerancia a la glucosa, entre otros.

Es reconocida mundialmente la relación entre actividad física y salud. El ejercicio físico regular se considera importante en el tratamiento de todos los tipos de diabetes y debe prescribirse por las mismas razones por las que debe fomentarse en la población general. Además, la práctica regular de ejercicio físico mejora el control glicémico a largo plazo en los pacientes con diabetes tipo II.

Basado en lo antes referido, se utiliza la econometría espacial para la predicción de la Diabetes Mellitus. La econometría espacial es una disciplina de la econometría general que incluye el conjunto de técnicas de especificación, estimación, contraste y predicción necesarias para el tratamiento de los datos espaciales.

Anselin et al., (2001) refieren, que la econometría también puede definirse como la parte de la econometría que se ocupa del tratamiento de la interacción espacial (autocorrelación espacial) y la estructura espacial (heterogeneidad espacial) en los modelos de regresión de corte transversal y de datos de panel. En este sentido, se trata de un concepto similar a la geo estadística o la estadística espacial, muy utilizada por físicos y geógrafos (Cressie,1993), aunque la econometría espacial difiere de la estadística espacial, del mismo modo que la econometría es distinta de la estadística, en general. La econometría empírica comienza con la especificación de un número de relaciones económicas (dadas en forma cuantitativa), así como de las variables que intervendrán en el modelo y las formas funcionales que relacionarán a las mismas. Estas relaciones son expresiones matemáticas procedentes de modelos teóricos (por ejemplo, la teoría económica) y serán las hipótesis a contrastar.

La especificación antes referida debe ser identificable, es decir, los parámetros del modelo han de ser susceptibles de estimación a partir de un número suficiente de observaciones. Los modelos teóricos son utilizados con frecuencia para la obtención de datos espaciales, normalmente de ámbito microterritorial, no existentes, que es lo que se conoce como predicción espacial (Anselin, 2000).

Especificación, estimación, contraste y predicción son los cuatro pasos propios de la labor de la economía cuantitativa, también en el ámbito espacial. Dado que la econometría espacial incluye las técnicas econométricas aplicadas a datos y modelos de naturaleza espacio geográfica, los datos a tratar deben poseer como principal característica la naturaleza georreferenciada, es decir, que su posición relativa o absoluta sobre el espacio contenga información valiosa para interpretar las relaciones consideradas.

Otra característica básica del espacio geográfico es la multidireccionalidad de las relaciones que sobre él se establecen y la multidimensionalidad, en un área geográfica. Estas peculiaridades de los datos geográficos dan lugar a los llamados efectos espaciales de dependencia o autocorrelación espacial y

heterogeneidad espacial, que deben ser considerados explícita y adecuadamente en todo ejercicio de modelización y predicción de datos geográficos.

Con el fin de identificar la incidencia de las variables socioeconómicas que mayor repercusión tienen para la presencia de la Diabetes Mellitus, se evaluó un modelo econométrico utilizando información proveniente de una encuesta aplicada a comunidades con factores de riesgo de padecer de Diabetes Mellitus.

## **DESARROLLO.**

En el presente trabajo se aplica una encuesta a comunidades con factores de riesgo de padecer de Diabetes Mellitus. Cada variable contenida en la encuesta, como instrumento de recopilación de datos, fue seleccionada de forma minuciosa, atendiendo a criterios de fiabilidad y validez, para el objetivo específico propuesto.

El término de confiabilidad según Niebel y Freivalds (2009), es definido como la probabilidad de éxito. La confiabilidad en el instrumento utilizado, en el presente trabajo, se obtuvo al aplicar el coeficiente *Alpha de Cronbach*. El coeficiente *Alpha de Cronbach*, fue desarrollado por J. L. Cronbach, y el mismo requiere de una sola administración del instrumento de medición produciendo valores que oscilan entre 0 y 1.

Su ventaja reside en que no es necesario dividir en dos mitades a los ítems del instrumento de medición, simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente (Hernández, et al., 2003). El índice de consistencia interna del coeficiente *Alpha de Cronbach* puede ser calculado de dos formas:

1. Mediante la varianza de los ítems.
2. Mediante la matriz de correlación.

El valor mínimo aceptable para el coeficiente *Alpha de Cronbach* es 0.7; por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja (Celina y Campo, 2005). Este valor manifiesta la consistencia interna, es decir muestra la correlación entre cada una de los ítems; un valor mayor a 0.7 revela una fuerte relación entre las preguntas realizadas a través del instrumento aplicado, un valor inferior revela una débil relación entre ellas.

La fórmula 1, es la que se utiliza para aplicar el coeficiente *Alpha de Cronbach*.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_{i^2}}{S_{T^2}} \right] \quad (1)$$

Donde:

$K$ : es el número de ítems.

$S_{i^2}$ : Sumatoria de Varianzas de los elementos (ítems).

$S_{T^2}$ : Varianza de la suma de los elementos (ítems).

$\alpha$ : Coeficiente Alpha de Cronbach.

Para la encuesta aplicada a las comunidades con factores de riesgo de padecer de Diabetes Mellitus, donde se estima la incidencia de las variables socioeconómicas que mayor repercusión tienen sobre la enfermedad, se obtuvo respuestas que fueron codificadas a los valores 1, 2, 3 respectivamente. Luego de dicha codificación se procedió a calcular la varianza de la muestra, los valores obtenidos para cada ítem fueron: ítem 1= 0,15, ítem 2= 0,18 e ítem 3= 0,17.

La sumatoria de varianzas de los ítems ( $\sum S_{i^2}$ ) dio como resultado 0,50 y la varianza de la suma de los ítems ( $S_{T^2}$ ) resultó 1,15. Al aplicar la fórmula 1 y conociendo que el valor del número de ítems ( $K$ ) es 3, el coeficiente *Alpha de Cronbach* para el instrumento aplicado, resultó igual a 0,85, tal como se muestra a continuación.

$$\alpha = \frac{3}{3-1} \left[ 1 - \frac{0.50}{1.15} \right] = 0.85$$

En esta técnica, entre más cerca de 1 está  $\alpha$ , más alto es el grado de confiabilidad, definiéndose como la estabilidad o consistencia de los resultados obtenidos al aplicar el instrumento. Basado en los resultados obtenidos por el instrumento aplicado, para conocer la incidencia de las variables socioeconómicas que mayor repercusión tienen para la presencia de la Diabetes Mellitus, se concluye que el instrumento posee una alta confiabilidad de acuerdo con los datos procesados.

Con los resultados obtenidos al aplicar la encuesta se propone un modelo econométrico, que matemática se define como se muestra en la expresión 2.

$$y_i = f(\text{condiciones socioeconómicas}_i, \text{controles}_i, \varepsilon_i) \quad (2)$$

Donde;  $i$  representa a la jurisdicción,  $y$  es el indicador testigo de problemas de la Diabetes Mellitus; indicador de peso,  $\varepsilon$  es el término de la perturbación aleatoria.

Para nuestro caso de estudio,  $y$  es aproximado con 3 variables; **envejecimiento, obesidad y sedentarismo**.

La variable envejecimiento considera el porcentaje de población con nivel de peso superior al saludable, los 2 restantes desdoblan este indicador entre tasa de población con sobrepeso moderado ( $30 \leq \text{IMC} < 35$ ), por un lado y severo ( $\text{IMC} \geq 40$ ), por otro. Las 3 medidas facilitan el conocimiento sobre la problemática de la diabetes Mellitus.

Las condiciones socioeconómicas asociadas a la Diabetes Mellitus están representadas en un conjunto de variables: producto per cápita, porcentaje de población con ingresos bajos, proporción de población adulta.

La definición de las variables se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1.** Definición de las variables que inciden en la presencia de Diabetes Mellitus.

Variable	Definición
Envejecimiento	Población con edad mayor a 70 años
Obesidad	Población con IMC $\geq$ 40
Sedentarismo	Población que realiza actividad física con baja frecuencia
Producto per cápita (PIBPC)	Producto interno bruto per cápita, en miles de pesos
Porcentaje de población con ingresos bajos	Ingresos bajos, %
Proporción de población adulta (PADU)	Población adulta con bajo nivel escolar

**Fuente:** Elaboración propia.

Como los datos toman un carácter espacial (es decir, se trata de fenómenos georreferenciados), la regresión fue realizada aplicando herramientas de econometría espacial, con el objetivo de tener en cuenta la posible existencia de procesos de dependencia y heterogeneidad espacial que podrían, según su magnitud, afectar la calidad de las estimaciones. En el problema de predicción de la Diabetes Mellitus, la utilización de técnicas de econometría espacial se basa, no tanto en la existencia de cifras de obesidad y sedentarismo con dependencia espacial global particularmente notoria, sino más bien en la presencia de correlación espacial localizada.

Este enfoque considera que los resultados observados en unidades vecinas están relacionados entre sí debido a componentes no observables espacialmente correlacionados. El interés, como siempre, es obtener estimaciones eficientes de los parámetros y realizar inferencias correctas. En esencia, la econometría espacial aplica una matriz de ponderaciones que tiene en cuenta la proximidad entre las observaciones  $i$  y  $j$ . Para nuestro caso de estudio, las ponderaciones se basan en la existencia o no de frontera común entre jurisdicciones. La matriz de ponderaciones está además estandarizada.

Para estimar la incidencia de Diabetes Mellitus, se utiliza el modelo de dependencia espacial residual. Una de las variables que ha resultado robusta en las estimaciones econométricas recientes sobre la Diabetes Mellitus es la densidad de la alimentación basada en comidas rápidas. Este dato puede ser reflejado en un error espacial correlacionado entre jurisdicciones.



El término de error tiene distintas estructuras espaciales. El más popular es el proceso autorregresivo, que adopta una especificación similar a su contraparte en series temporales, el mismo matemáticamente se expresa como se muestra en la ecuación 3.

$$\varepsilon = \lambda W\varepsilon + u, \text{ con } u \sim N(0, \sigma^2) \quad (3)$$

Donde;  $\lambda$  es el parámetro que refleja la correlación espacial. Esta especificación expresa que el error de la observación  $i$  depende del promedio de los errores de las observaciones lindantes y de su componente idiosincrásico,  $u$ . Esto implica que los errores no observados son predecibles a partir de  $W\varepsilon$ .

Despejando  $\varepsilon$  de la ecuación anterior,  $\varepsilon = (I - \lambda W)^{-1}u$ . Si  $\lambda \neq 0$ , el error de cada observación está correlacionado con el del resto, incluyendo el de las unidades más alejadas en una magnitud decreciente de la distancia. Como el modelo de error autorregresivo espacial presenta errores no esféricos, no es posible la estimación mediante mínimos cuadrados ordinarios, razón que indica la posibilidad de recurrir al método de máxima verosimilitud.

Para nuestro caso de estudio y aplicar la máxima verosimilitud, es necesario tener el resultado de los parámetros que no reciben la misma interpretación que los estimadores mínimos cuadráticos. Aunque los paquetes de análisis econométrico suelen reportar el estadístico tradicional de bondad de ajuste,  $R^2$ , éste no tiene el mismo significado que bajo mínimos cuadrados ordinarios, ni es comparable entre modelos. Por ello se suelen emplear otras medidas de bondad de ajuste, desatándose el *logML*, los criterios de información de *Akaike (AIC)* y *Schwartz (SIC)*, útiles para hacer comparaciones entre modelos. La validez del parámetro que tiene en cuenta la autocorrelación espacial se testea con la ratio de verosimilitud, LR (Cliff y Ord, 1981).

En el modelo propuesto para la predicción de la Diabetes Mellitus, la aplicación de mínimos cuadrados ordinarios (en adelante MCO) arrojó que ninguna de las variables explicativas o las de control resultan relevantes para explicar cualquiera de las tres variables (envejecimiento, obesidad y

sedentarismo) en la población. Este resultado se debe a la presencia de regresores altamente correlacionados (reflejados en un factor de inflación de varianza superior a 65) y a la existencia de autocorrelación espacial no considerada en la estimación.

Por otra parte, la estimación del modelo espacial tipo *lag* no varía sustancialmente los resultados obtenidos aplicando MCO, al tiempo que genera residuos heterocedásticos (estadístico de Breusch y Pagan con p-valor < 0.01 para las 3 variables dependientes). Por el contrario, el modelo de error autorregresivo espacial consigue identificar el impacto individual de las variables que sintetizan las condiciones socioeconómicas de las comunidades, con mayor incidencia de padecer de Diabetes Mellitus y, en el caso de las personas que poseen obesidad, la significatividad de las conductas individuales (reflejadas en la realización de actividad física regular) (Tabla 2).

**Tabla 2.** Determinantes de los problemas de Diabetes Mellitus en la población: modelo de error espacial.

	<b>Envejecimiento</b>	<b>Obesidad</b>	<b>Sedentarismo</b>
<b>Constante</b>	-10.5696 (0.5074)	11.8344 (0.2117)	-19.9597** (0.0302)
<b>Producto per cápita (PIBPC)</b>	0.1851** (0.0032)	0.8448** (0.0236)	0.9130** (0.0117)
<b>Porcentaje de población con ingresos bajos</b>	0.4982** (0.00082)	0.1577** (0.0751)	0.3195** (0.0002)
<b>Proporción de población adulta (PADU)</b>	-0.3009** (0.0139)	-0.010 (0.4865)	-0.2469** (0.0006)
$\lambda$	-1.4499*** (0.0000)	- 1.4141*** (0.0000)	-1.3638*** (0.0000)
<b><i>LogML</i></b>	0.0000	0.0000	0.0000
<b>AIC</b>	12.0000	12.0000	12.0000
<b>SIC</b>	19.5364	3.2629	2.5366
<b><i>Breusch – Pagan</i> (<math>\sigma^2 = \text{constante}</math>)</b>	(0.9088)	(0.6595)	(0.7710)

**Fuente:** Elaboración propia.

Entre paréntesis se expresa el p-value asociado al estadístico que evalúa la hipótesis nula correspondiente. \*\*\* rechaza H0 al 1%; \*\* rechaza H0 al 5%; \* rechaza H0 al 10%.

La estimación del modelo de error espacial refleja, además, una mejor bondad de ajuste que la arrojada por MCO y el modelo espacial de tipo Lag (el logaritmo de la verosimilitud y los criterios de información disminuyen). La mejora ocurre sustancialmente al discriminar la obesidad existente. En particular, el fenómeno de Diabetes Mellitus, que alertaba en MCO la presencia de dependencia espacial en las observaciones, consigue un mejor ajuste al reducir considerablemente los errores estándar de los parámetros. Las variables explicativas adquieren significatividad especialmente como determinantes de exceso de población con la enfermedad.

El coeficiente  $\lambda$ , que capta la correlación espacial en el error es significativo y negativo en los 3 modelos estimados. En la práctica este resultado es poco común y resulta contraintuitivo, ya que la existencia de autocorrelación negativa refleja que el residuo de una jurisdicción tiende a estar rodeado de vecinos con residuos bastante diferentes. En otros términos; los residuos similares no se agrupan en el espacio, sino que tienden a dispersarse. Ello podría deberse a la existencia de dependencia espacial localizada (los gráficos de distribución percentil de la variable dependiente y los gráficos de dependencia espacial global y local no muestran que los problemas de peso un patrón de aglomeración visible) o a la existencia de errores de agregación.

La modelización de la heterogeneidad espacial permite entonces avanzar en el análisis de los factores que inciden en los problemas de elevada incidencia de Diabetes Mellitus. Así, mientras que las técnicas econométricas convencionales no logran identificar el impacto individual de variables como el nivel de ingreso, condiciones de vida, y conductas de los sujetos, el modelo espacial autorregresivo sugiere una serie de aspectos que enriquecen la comprensión de los problemas de envejecimiento, obesidad y sedentarismo, lo que contribuye a la elevada incidencia de Diabetes Mellitus, especialmente cuando éste no excede el umbral de obesidad.

Cuando la obesidad se hace presente, la realización de actividades físicas es menos relevante frente a otros factores, esencialmente ligados al porcentaje de población con ingresos bajos el problema del consumo de comidas rápidas estimula la aparición de problemas de padecer de Diabetes Mellitus. Simultáneamente, niveles de ingreso bajos inciden con más notoriedad en la aparición de eventos de Diabetes Mellitus.

La elevada correlación entre la proporción de población con ingreso bajo, y proporción de población adulta no permite identificar el impacto que esta variable (ingreso bajo) tiene sobre la incidencia de la Diabetes Mellitus. El modelo estimado ilustra el rol que los factores socioeconómicos tienen en el fenómeno de la incidencia de Diabetes Mellitus.

## **CONCLUSIONES.**

Los resultados obtenidos demuestran la necesidad de afrontar un serio problema de salud pública relacionado con el envejecimiento, la obesidad y el sedentarismo. Situación que no sólo genera disminución en la cantidad y calidad de vida, sino que a su vez incrementa las demandas por bienes y servicios sanitarios, con un consecuente incremento de los gastos. Dada la propia estructura de los sistemas de salud, donde una amplia franja de la población es atendida por el sector público, serán cada vez mayor los recursos necesarios para atenuar problemas de salud similares al de la Diabetes Mellitus.

La evidencia permite afirmar que, junto con otros problemas nutricionales, el envejecimiento y especialmente la obesidad emergen también en las poblaciones de bajos ingresos, generando una doble carga de enfermedad para este grupo que en algunos casos no ha superado todavía las consecuencias de la desnutrición. Esto los pone en una situación complicada que puede hacer que sus condiciones de pobreza perduren en el tiempo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Anselin, L. (2000B). The alchemy of statistics, or creating data where no data exist. *Annals, Association of American Geographers*, Vol. 90; pp, 586-592.
2. Anselin, L., Syanbri, I., Smirnov, O. y Ren, Y. (noviembre, 2001). Visualizing spatial autocorrelation with dynamically linked windows. Discussion Paper de la Regional Economics Applications Laboratory REAL 01-T-10.
3. Celina H. y Campo A. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, XXXIV (4), pp.572-580. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=80634409>
4. Cliff, A. y Ord, J. (1981). *Spatial processes, models and applications*. London: Pion.
5. Cressie, N. (1993) *Statistics for spatial data*, Revised edition. New York: John Wiley & Sons.
6. Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, M. (2003) *Metodología de la Investigación*, Editorial McGraw Hill, México D.F.
7. Niebel B. y Freivalds A., (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño de Trabajo*, Editorial McGraw Hill, México D.F.
8. Roca, R. (2002). *Temas de medicina interna (tomo I)*. La Habana: Editorial Ciencias médicas. Ecimed.

## DATOS DE LOS AUTORES.

1. **Carmen Magaly León Segura.** Licenciado en Economía, Master en Economía Política, Doctora en Ciencias Económicas. Docente ocasional a tiempo completo Universidad de Guayaquil - Ecuador, Facultad Jurisprudencia, Ciencias Sociales y Políticas; Coordinadora de Planificación, evaluación y Acreditación de la Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales y Políticas. E-mail: [carmen.leons@ug.edu.ec](mailto:carmen.leons@ug.edu.ec)

2. **Vicente Navarrete Luque.** Abogado de la República Del Ecuador, Master en Finanzas Internacionales. Docente ocasional a tiempo completo, Universidad de Guayaquil - Ecuador, Facultad Jurisprudencia, Ciencias Sociales y Políticas; Coordinador de Internacionalización y Movilidad Humana. Docente ocasional a tiempo completo, Universidad de Guayaquil, Facultad Jurisprudencia, Ciencias Sociales y Políticas; E-mail: [vicente.navarretel@ug.edu.ec](mailto:vicente.navarretel@ug.edu.ec)
3. **Sandro Herrería Vanegas.** Sociólogo. Master en Diseño Curricular. Analista de Acreditación 3 de Facultad, Universidad de Guayaquil - Ecuador, Facultad Jurisprudencia, Ciencias Sociales y Políticas; E-mail: [sandro.herreria@ug.edu.ec](mailto:sandro.herreria@ug.edu.ec)

**RECIBIDO:** 9 de octubre del 2019.

**APROBADO:** 19 de octubre del 2019.