

# ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CRECIMIENTO POBLACIONAL DE LA CIUDAD DE MACHACHI CON LA UTILIZACIÓN DE ORTOFOTOS

**Norman Alberto Dávila Arias**

*Departamento de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Geográfica y del Medio Ambiente  
norman\_davila @inec.gob.ec*

**Resumen:** Entender la relación entre el ser humano, la naturaleza y su entorno de vida, así como proporcionar de herramientas que plasmen estas relaciones, constituye un gran reto en el ámbito de acción del profesional de las ciencias geográficas, y brinda a la sociedad de un instrumento de decisión y aplicación de políticas públicas que garanticen alcanzar el bienestar de los pobladores de un territorio en equilibrio con su entorno natural.

Este ha sido el principal impulso para llevar a cabo el presente estudio, el cual pretende mostrar la riqueza y la capacidad de análisis que permiten las herramientas de información geográfica, en conjunto con la información socioeconómica producto de los Censos de Población y Vivienda llevados a cabo por el INEC, para poder determinar escenarios probables de crecimiento de la población.

En una primera etapa, se analizan experiencias de otros países en cuanto a las determinantes del crecimiento de la población y del empleo, como dos elementos intrínsecos y mutuamente dependientes de la evolución de una ciudad. Este análisis permite posteriormente determinar aquellas variables que se deben extraer de las investigaciones censales para adaptar estos modelos a la realidad ecuatoriana, y establecer probables escenarios de crecimiento poblacional para tres períodos de estudio.

A continuación, se utilizan herramientas de sistemas de información geográfica para determinar, a través de modelamiento geográfico, aquellas áreas que geográficamente presentan aptitudes para ser o no ser pobladas.

Con estos dos elementos de juicio, finalmente, se conjuga una propuesta de crecimiento urbano, determinando aquellas áreas hacia las cuales se deben enfocar esfuerzos específicos en el marco de la administración ordenada de un territorio.

**Palabras clave:** Crecimiento, Población, Machachi, Ortofotografía, Multitemporal

**Abstract.-** Understanding the relationship between man, nature and their living environment as well as providing tools that embody these relationships is a major challenge in the field of professional action of geographical sciences and society provides an instrument making and implementation of public policies that guarantee achieving welfare of the inhabitants of a territory in balance with its natural environment.

This has been the main impetus for conducting this study, which aims to show the richness and analytical skills that allow GIS tools in conjunction with socioeconomic information product of the Population and Housing Census conducted by INEC, to determine likely scenarios of population growth.

In the first stage, studies from other countries are analyzed in terms of the determinants of population growth and employment, as two intrinsic and mutually dependent elements of the evolution of a city are analyzed. This analysis allows determining variables that should be drawn from census research to adapt these models to the Ecuadorian reality, and establish probable scenarios of population growth for three study periods. Then tools GIS are used to determine, through geographical modeling, geographic areas that have skills or may not be populated.

With these two elements of judgment, finally a proposal combines urban growth, determining which areas to focus specific efforts must be within the orderly administration of a territory.

**Keywords:** Growth, Population, Machachi, Orthophotography, Multitemporal.

## **I. Introducción**

El presente estudio pretende demostrar la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica como una herramienta de integración del componente espacial para el análisis de información estadística, y de esta manera hacer del elemento “territorial” un valor agregado para la toma de decisiones basado en información y estadísticas extraídos de los Censos de Población y Vivienda.

El marco teórico en el que se basa el presente estudio, se enmarca en estudios referentes a la determinación del crecimiento de la población y el empleo en diferentes áreas, así como en criterios de análisis multitemporal y en el uso de ortofotografías como instrumento cartográfico de apoyo. De acuerdo a estos estudios, que han sido realizados en diferentes países, se conoce que el componente de crecimiento poblacional está directamente relacionado con el crecimiento del empleo. Estos dos componentes: población y empleo, son dos de los factores que contribuyen en mayor grado al crecimiento y desarrollo de un área geográfica.

## **II. Metodología**

Los casos que se han considerado para el desarrollo de la metodología, corresponden a un análisis y combinación de diferentes variables levantadas en censos de población principalmente, para determinar las posibles áreas de crecimiento de población y de empleo en un área geográfica específica.

Al ser mapas y planos censales en los cuales se plasman las divisiones estadísticas: zonas, sectores y manzanas censales, sobre la base disponible a la fecha de su elaboración, servirán como una guía para digitalizar y estructurar la Cartografía Digital del área de estudio.

### **a) Diagrama de trabajo**

La metodología empleada para el presente estudio se puede esquematizar en el siguiente diagrama de trabajo:



En donde, cada una de las etapas macro del estudio comprende las siguientes subetapas:

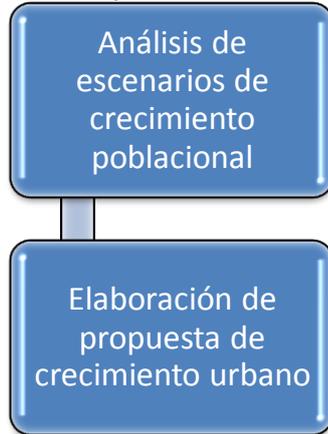
1) Planificación y conceptualización:



2) Ejecución:



### 3) Obtención y discusión de resultados:



#### b) Recopilación y estandarización de la información.

La Cartografía Censal es el insumo principal para la generación de la Geodatabase deseada, así como para los análisis respectivos que se plantean para la obtención de las áreas de crecimiento poblacional.

En el caso del presente estudio, se ha utilizado la cartografía analógica de los Censos del 2001, así como las capas digitales de información generadas a partir de la digitalización de los planos del 2001 y 2010 con los que cuenta el INEC para la ciudad de Machachi.

Esta es la base para la futura conformación de la Geodatabase.

En resumen, esta etapa comprende los siguientes puntos principales:

- Recopilar los planos censales en papel de la Ciudad de Machachi correspondientes a los Censos de Población y Vivienda de los años 2001 y 2010.
- Recopilar las capas de información digitales de los Censos de Población y Vivienda del 2001 y 2010 con miras a estructurar la información digital de acuerdo a la estructura de las mismas.
- Estructuración de las coberturas geográficas censales utilizando Ortofotografía
- Determinación y recopilación de coberturas adicionales requeridas para el estudio

#### c) Análisis de los estudios realizados para la determinación del crecimiento poblacional y del empleo.

La estructura del modelo de Carlino y Mills , permite investigar los factores que condicionan el crecimiento de la población y del empleo, y al mismo tiempo examinar la interacción que existe entre ambos para comprobar cómo la evolución de la población ha influido sobre el empleo de una región, y viceversa. En tal planteamiento teórico de equilibrio, la población y el empleo son mutuamente condicionantes, lo cual ha sido expresado por los autores en el siguiente esquema de ecuaciones:

$$P^* = \gamma_1 E + \gamma_2 T$$

$$E^* = P_{t-1} = \lambda_P (P_t^* - P_{t-1})$$

$$E_t - E_{t-1} = \lambda_E (E_t^* - E_{t-1})$$

$\lambda_E \lambda_P < 1$  .Sustituyendo en estas últimas ecuaciones los valores de equilibrio, se obtiene:

$$P_t - P_{t-1} = \lambda_P \gamma_1 E_t + (-\lambda_P) P_{t-1} + \lambda_P \gamma_2 T_{t-1}$$

$$E_t - E_{t-1} = \lambda_E \delta_1 P_t + (-\lambda_E) E_{t-1} + \lambda_E \alpha_1 E_t + \alpha_2 P_{t-1} + \rho_1 W \Delta P + \alpha_k T_{t-1}$$

$$\Delta E = \beta_0 + \beta_1 P_t + \beta_2 E_{t-1} + \rho_2 W \Delta E + \beta_k$$

Estas matrices conforman un sistema en el que “el incremento de la población en un sistema local de trabajo, se expresa en función del nivel actual de empleo, del volumen de población existente al inicio del período, de la variación de la población en los mercados de trabajo adyacentes, y de un conjunto de variables predeterminadas que reflejan algunas condiciones iniciales del entorno socio económico local. De forma análoga, en la segunda ecuación final, el cambio en el empleo local se hace depender del volumen actual de la población, del nivel de empleo al inicio del período, de la evolución del empleo en las áreas colindantes, y finalmente, de una combinación de características locales ”.

#### **d) Determinación de variables a ser utilizadas en el modelo de análisis**

Para la determinación de esta información de manera que se pueda establecer los factores condicionantes del crecimiento local, se debe considerar tanto la unidad de análisis geográfico, como los datos que caracterizan a esa unidad geográfica y que influyen en el crecimiento y la población del empleo local.

Por lo que las variables pueden adaptarse a la unidad de análisis geográfico escogida para el estudio.

Como ejemplo, en el caso del estudio de las “Determinantes para el crecimiento poblacional y de empleo en pequeñas regiones de Queensland” , la unidad espacial de referencia está constituida por Áreas Locales de Gobierno (Local Government Area), mientras que en el caso del estudio “Pautas de crecimiento y dinámica espacial de la población y el empleo en los mercados locales de trabajo: Un análisis para Castilla – La Mancha, Cataluña y la Comunidad Valenciana”, se utiliza el mercado local de trabajo como unidad de análisis, basando en su construcción las condiciones

Para llevar a cabo este propósito, la elección de la unidad espacial de referencia resulta un aspecto fundamental.

Es así que por ejemplo, se utilizan variables que reflejen posibilidades de confort en una determinada área, tales como: ingresos y condición socioeconómica, habitabilidad en el sector, escolaridad, presencia de servicios de salud, índices de ventaja regional, presencia de extranjeros como un indicador de atractivo regional, nivel medio de estudios, presencia de locales de salud y educación.

VARIABLES QUE REFLEJEN LAS CONDICIONES QUE PUEDAN DEMOSTRAR QUE UN TERRITORIO TIENE CONDICIONES FAVORABLES PARA EL DESARROLLO DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS.

Es así que se toman en cuenta variables como mercado laboral, ingresos impositivos, indicadores de reemplazamiento de mano de obra, desempleo regional, rasgos de distrito industrial.

**e) Adaptación de las variables requeridas a las levantadas en los Censos de Población y Vivienda del país.**

En la boleta censal se recopila más de 200 variables relacionadas con las condiciones de la población, el hogar y la vivienda al momento de su investigación

Para ello, del listado de variables disponibles de los Censos de Población y Vivienda, se extraen las siguientes variables, para poder obtener las variables requeridas para el estudio:

Tabla 1: Variables propuestas para el modelo de estimación de incremento de población y empleo en la ciudad de Machachi

Variable	Descripción
$\Delta P$	Incremento de la población residente en el periodo 2001-2010
$\Delta E$	Incremento del empleo en el periodo 2001-2010
$P_t$	Población residente en 2010
$E_t$	Empleo total en 2010
$P_{t-1}$	Población residente en 2001
$E_{t-1}$	Empleo total en 2001.
$VIV_{t-1}$	% de viviendas desocupadas en 2001.
$HAB_{t-1}$	Indicador de habitabilidad de las viviendas familiares principales (Año 2001).
$ANALF_{t-1}$	Porcentaje de alfabetismo
$ESTUD_{t-1}$	Nivel de estudios universitarios
$SALUD_{t-1}$	Nº de locales de salud en 2001.
$EDUC_{t-1}$	Nº de locales educativos en 2001.
$PRODUC_{t-1}$	Población empleada en actividades productivas
$OBRA_{t-1}$	Indicador de reemplazamiento de la mano de obra: personas de 55-59 años/personas de 20-24 (Año 2001).
$DENS_{t-1}$	Densidad de población en 2001.

**Nota.** Fuente: Cuestionario del VII Censo de Población y VI de Vivienda del año 2010 (INEC, 2012)  
Elaboración: Autor

Las ecuaciones para estimación del incremento de población y empleo quedan construidas de la siguiente forma:

$$\Delta P = \alpha_0 + \alpha_1 E_t + \alpha_2 P_{t-1} + \alpha_3 W\Delta P + \alpha_4 VIV_{t-1} + \alpha_5 HAB_{t-1} + \alpha_6 ANALF_{t-1} + \alpha_7 ESTUD_{t-1} + \alpha_8 SALUD_{t-1} + \alpha_9 EDUC_{t-1} + \alpha_{10} DENS_{t-1}$$

$$\Delta E = \beta_0 + \beta_1 P_t + \beta_2 E_{t-1} + \beta_3 W\Delta E + \beta_4 ESTUD_{t-1} + \beta_5 OBRA_{t-1} + \beta_6 PRODUC_{t-1} + \beta_7 DENS_{t-1}$$

#### **f) Construcción de Geodatabases**

Estructurar la información cartográfica bajo el formato vector, implica organizar, esquematizar y dar un orden a todos los elementos constitutivos que alimentarán el Sistema de Información Geográfica, tanto para la representación gráfica, como para los elementos tabulares. El resultado final en el caso del presente estudio, es la organización en una Base de Datos Geográfica o Geodatabase de acuerdo a un Catálogo de Datos específico.

#### **g) Determinación de campos de las tablas de acuerdo al estándar utilizado para la generación de capas digitales de los Censos de Población y Vivienda 2010**

En el caso del presente estudio, se utilizan específicamente las coberturas censales del área amanzanada que permiten la integración de información alfanumérica: zonas, sectores y manzanas censales.

Una vez determinadas las coberturas de información geográfica requeridas para el estudio, el siguiente paso es estructurar la información en una Base de Datos Geográfica o Geodatabase. Se utilizó el software ArcGIS 9.3 para el desarrollo del estudio, por tanto, la estructura de la base de datos geográfica, responde a una Base de Datos Personal en formato .mdb.

#### **h) Construcción de escenarios de crecimiento poblacional para los casos de estudio.**

Para el efecto, se utiliza el concepto de “álgebra de mapas” como herramienta para vincular el análisis de la información tabular, con el componente geográfico de elementos no tabulares o no dependientes del levantamiento de información censal, tales como son: vías de acceso, accidentes geográficos, pendientes, entre otros

Este es un “modelo de ajuste parcial donde se representa el movimiento progresivo de la población y del empleo hacia una situación futura de equilibrio espacial. En el ámbito de los datos geográficos, los modelos de datos permiten la automatización de los procesos de análisis geográfico, considerando variables espaciales tales como: pendientes, hidrografía, vialidad, entre otros, que aportan a los tradicionales estudios de crecimiento y dinámica espacial de población y empleo.

Las actividades que se han desarrollado en esta etapa han sido las siguientes:

- Espacialización de los datos alfanuméricos
- Elaboración del Modelo de Análisis, en base a modelos de regresión lineal
- Elaboración de escenarios correspondientes a los modelos de análisis para los casos de los años 2010, 2020 y 2030.
- Análisis espacial de las variables determinadas de acuerdo a los diferentes escenarios establecidos.

### **i) Obtención de resultados**

Se han obtenido los escenarios de crecimiento en función de este análisis geográfico y de variables censales.

Del análisis del modelo de crecimiento de población para los años 2010, 2020 y 2030 en los tres escenarios planteados, se pueden observar patrones de comportamiento diferentes. En el escenario tendencista, se puede apreciar un crecimiento de la ciudad desordenado, en el cual la dispersión de las áreas concentradoras de población hace difícil la planificación urbana y la aplicación de políticas públicas. De igual forma ocurre con el escenario pesimista, en el cual este desorden se ve incrementado, dificultando aún más el grado de dispersión de la población y el empleo. En cuanto al escenario optimista, los patrones de concentración de población y empleo son más homogéneos, observándose áreas en las cuales la concentración de población y empleo se mantienen de cierta forma constantes a lo largo de las 3 décadas de estudio.

### **j) Propuesta de crecimiento urbano**

Principalmente, de acuerdo al análisis de patrones obtenidos, se pueden designar los sitios adecuados para la aplicación de los siguientes programas y planes de regulación urbana:

1. Diseño de planes y programas de regulación urbana para:
  - Reordenamiento de viviendas en el centro de la ciudad e incentivos para el desarrollo comercial en estas áreas
  - Contención del crecimiento urbano y actividades comerciales
  - Promoción de vivienda residencial
  - Protección de riveras de ríos y quebradas
  - Protección de áreas verdes y de uso agrícola
2. Diseño de propuestas para dotación de equipamiento urbano: establecimientos de salud, escuelas y centros de extensión de universidades
3. Planes de incentivos para establecimiento de áreas de reserva/conservación del uso del suelo urbano

Los sitios para aplicación de estos programas y planes pueden observarse en el Mapa correspondiente.

## **III. Conclusiones**

Esta misma metodología puede ser aplicada también a nivel regional (de hecho los estudios en los que está basada la investigación, han sido realizados a nivel de jurisdicción: municipios, estados) o de unidades de mercado laboral, y al ser realizados a una escala más global, será interesante la observación de crecimiento; se puede aplicar las fórmulas y análisis a nivel parroquial como un ejercicio.

La cartografía censal no es de precisión. Si bien es cierto, realizar el trabajo de ajuste de los sectores censales del 2001 ha sido un trabajo arduo, permitirá comparabilidad al futuro para múltiples estudios.

Los planos y mapas cartográficos de los años 1990, 2001 y anteriores, están deteriorándose, y pueden ser una gran fuente de información para el futuro. Sobre la codificación: recomendación, elevar a jerarquía de estándar el esquema de codificación, bajo los modelos de Australia, Estados Unidos y Canadá, en donde el identificador geográfico de las oficinas de estadística constituye un estándar referente.

Sobre la reenumeración y reconstrucción de sectores: conservar límites de sectores 2010 sin realizar reenumeraciones o subdivisiones. Permite mayor comparabilidad geográfica.

Sobre el libre acceso a la información cartográfica: es un gran aporte a la investigación, ya que anteriormente era más el tiempo que se invertía en buscar la información que en realizar la investigación propiamente dicha.

Sobre el uso de la ortofotografía y la utilidad de disponer de información cartográfica de precisión para el INEC, permitirá tener a futuro de una fuente rica de información.

## **Bibliografía**

- Bao, S., Henry, M., & Barkley, D. (2004). *Identifying urban-rural linkages: tests for spatial effects in the Carlino-Mills mode". Advances in Spatial Econometrics, .*
- Capdevila, J. (2004). *Infraestructura de Datos Espaciales (IDE). Definición y desarrollo actual en España. Revista electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*(no. 2).
- Carlino, G. A., & Mills, E. S. (1987). *The determinants of county growth. Journal of Regional Science, no. 27.1, 39-54.*
- Carlino, G. A., & Mills, E. S. (1987). *The determinants of county growth. Journal of Regional Science*(no. 27.1), 39-54.
- Carrión, F. (1994). *Las ciudades intermedias en el contexto de la urbanización ecuatoriana. Revista Interamericana de Planificación, 129-147.*
- CELADE. (Diciembre de 2012). *¿Qué es Redatam?* Obtenido de <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/redatam/noticias/paginas/3/7343/P7343.xml&xsl=/redatam/tpl/p18f.xsl&base=/redatam/tpl/top-bottom.xslt>
- Clark, D., & Murphy. (1996). *County employment population growth: An analysis of the 1980's. Journal of Regional Science*(no. 36), 235-256.
- CPV. (Noviembre de 2010). *Resultados del Censo de Población y Vivienda 2010.* Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/resultados/>
- Di Somma, A., Ferrari, V., & Ramos, N. (2010). *El uso del suelo y el análisis multitemporal - modificaciones del tejido urbano en la Provincia de Roma (Italia). XII Coloquio Ibérico de Geografía, (págs. 1 -20).* Porto.
- GeoDa Center. (Diciembre de 2012). *GeoDa Project Page.* Obtenido de <http://geodacenter.asu.edu/projects/opengeoda>

- IGM. (2006). *Proyecto A2 de Norma Ecuatoriana: Cartografía - Realización de cartografía topográfica a cualquier escala*. Quito: IGM. Obtenido de [www.igm.gob.ec/](http://www.igm.gob.ec/)
- INEC. (2012). *El Nuevo Inec - Cartografía*. Obtenido de [http://www.inec.gob.ec/nuevo\\_inec/items/gestion\\_eficiente/cartografia/introduccion.pdf](http://www.inec.gob.ec/nuevo_inec/items/gestion_eficiente/cartografia/introduccion.pdf)
- INEC. (2012). *Información Cartográfica Estadística*. Obtenido de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-cartografica/>
- Krolikowska, A. (2008). Population and Employment Growth Analysis - Calgary - Canadá. *ESRI Map Book*, 49 -51.
- Lerma G., J. L. (2002). *Fotogrametría Moderna Analítica y Digital*. Valencia: Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Longley, P., Goodchild, M. F., Maguire, D., & Rhind, D. (2005). *Geographic Information Systems and Science*. Chichester, England: John Wiley & Sons, Ltd. Copyright.
- Mills, E., & Price, R. (1984). *Metropolitan suburbanization and central city problemas*. *Journal of Urban Economics*, 1-17.
- Mulligan, G. F., Vias, A. C., & Glavac, S. M. (1999). *Initial diagnostics of a regional adjustment model*. *Environmental and Planning A*(no. 31), 855-876.
- NNUU. (2010). *Manual de Infraestructura Geoespacial en apoyo de actividades censales*. Nueva York: Departamento de Asuntos Económicos y Sociales – División de Estadística.
- O'Gorman, C., & Kautonen, M. (2004). *Policies to promote new knowledge-intensive industrial agglomerations*. *Entrepreneurship and Regional Development*(no. 16), 459-479.
- Ruiz, M. J., & Soler, V. (2009). *Pautas de crecimiento y dinámica espacial de la población y el empleo en los mercados locales de trabajo: Un análisis para Castilla - La Mancha, Cataluña y la Comunidad Valenciana*. *Congreso de la Asociación Española de Ciencia Regional. XXXV Reunión de estudios regionales*.
- Ruiz, M. J., & Soler, V. (2009). *Pautas de crecimiento y dinámica espacial de la población y el empleo en los mercados locales de trabajo: Un análisis para Castilla - La Mancha, Cataluña y la Comunidad Valenciana*. *Congreso de la Asociación Española de Ciencia Regional. XXXV Reunión de estudios regionales*.
- Sarría, F. A. (Junio de 2006). *SIGMUR - SIG y Teledetección en la Universidad de Murcia*. Obtenido de [http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario\\_5.pdf](http://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_5.pdf)
- SIGTierras. (diciembre de 2013). *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca - SIGTIERRAS*. Obtenido de [http://servicios.sigtierras.gob.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=3&Itemid=4](http://servicios.sigtierras.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=3&Itemid=4)

- Steinnes, D. N., & Fisher, W. D. (1974). *An econometric model of the intraurban location*. *Journal of Regional Science*(no. 14), 65-80.
- Strobl, J., & Soler, V. (1994). *Lección 1: ¿Qué tiene de especial lo espacial?*. (M. e. UNIGIS, Ed.) *Módulo 1: Introducción a los Sistemas de Información Geográfica*, 1-20.
- Tomlin, D. (1990). *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling*. New Jersey: Prentice Hall.
- Trendle, B. (2009). *The determinants of population and employment growth in small Queensland Regions*. *Economic Analysis & Policy*(no. 2), 295-307.
- Trendle, B. (2009). The determinants of population and employment growth in small Queensland Regions. *Economic Analysis & Policy*(no. 2), 295-307.
- Valle, C. (2012). *Uso de los SIG para la determinación de zonas homogéneas de concentración de población, vivienda y actividades económicas de la ciudad de Cayambe*. Quito.
- Vásquez Barquero, A. (1999). *Gran empresa y desarrollo endógeno. ¿Convergencia de las estrategias de las empresas y territorios ante el desafío de la competencia*. *Publicaciones de la Universidad de Barcelona*.