

MPRA

Munich Personal RePEc Archive

A spatial study about municipal poverty in Bolivia

Vargas, Martin

December 2004

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/6108/>
MPRA Paper No. 6108, posted 05 Dec 2007 12:07 UTC

Un Estudio Espacial sobre la Pobreza Municipal en Bolivia

Martin Harry Vargas Barrenechea¹

Documento de Trabajo: UDAPE Diciembre de 2004

¹ Las Opiniones vertidas en el documento son absoluta responsabilidad del autor y no reflejan la opinión de UDAPE, ni del PNUD, este documento fue elaborado gracias al financiamiento del PNUD a través del Proyecto BOL/02/09-11603, Programa de Seguimiento de la EBRP.

El autor desea agradecer al personal de UDAPE especialmente al del área de social, a Wilson Jiménez por sus constantes correcciones y apoyo, a Dulfred Gutiérrez por el apoyo y la generosa cooperación en el área GIS, a Susana Lizarraga y Rigel Cuarite por la información municipal consistente y ordenada, a Diana Valderrama por el apoyo administrativo y finalmente agradecer a Ajax Moreira (IPEA), Ernesto Yáñez (PNUD), Fernando Landa (UDAPE), y a Julio Humerez (UDAPE) por sus valiosos comentarios, y por sus acertadas correcciones.

Estudios Espaciales sobre pobreza en Bolivia

Introducción

Los modelos con estructura espacial² son el elemento central de la nueva economía geográfica como el nuevo paradigma de la economía regional, el enfoque ha cambiado su atención hacia la interacción espacial³, en consecuencia, conceptos como localización e interacción, se han hecho accesibles de ser estimados y analizados. La idea de interacción espacial ha llevado a realizar estudios regionales más detallados impulsados por la explosión de información económica GEO codificada⁴ recogida a diferentes escalas de agregación (países, municipios, ciudades, etc.).

La dependencia o interacción espacial en una muestra de observaciones se refiere a que una observación asociada con una posición en el espacio depende de las demás observaciones de la misma variable en posiciones diferentes en un espacio o área dada. Las razones para suponer esta dependencia son básicamente dos: a) colecciones de datos asociados con unidades espaciales tienen comúnmente errores de medida por ejemplo la fuerza laboral puede desplazarse el cualquier momento de un municipio a otro por ejemplo, lo que induce errores en las medidas de desempleo, b) la segunda razón es que no podemos dejar de considerar la dimensión espacial de la actividad económica.

Para Bolivia existen dos estudios interesantes relacionados a la pobreza y geografía, el trabajo de Morales et al (2000) y Andersen et al (1999), el primero tiene como objetivo explicar la pobreza por NBI, el ingreso laboral y el PIB per capita individualmente utilizando variables geográficas (altura s.n.m., erosión, región ecológica, el nivel de urbanización, y otros) el estudio fue realizado a nivel de provincias y encontró correlación entre pobreza y variables geográficas, los resultados más relevantes son : i) a menor altura menor pobreza y ii) a mayor urbanización menor pobreza. En el caso del trabajo de Andersen et al. (1999) se estudiaron: i) La distribución de la población (en esta sección se describió los flujos migratorios, también se encontró evidencia de diferencias en los niveles de ingreso, de acuerdo a estas especificaciones el ingreso podría ser explicado por estos flujos migratorios), ii) se observaron también los patrones de urbanización. iii) Los

² Concernientes a la distribución de las entidades y sus propiedades de asociación como puntos, líneas o fenómenos de área, a menudo dependen de los supuestos específicos acerca de la naturaleza de los flujos o interacciones asociadas.

³ El concepto de Interacción Espacial o Dependencia Espacial es análogo al concepto de series temporales de dependencia temporal o autocorrelación, pero interpretado en términos espaciales esto implica dependencia de los vecinos.

⁴ Ver Anselin (2004).

determinantes de la distribución de la actividad productiva, iv) la distribución de la riqueza v) La convergencia interregional en las dimensiones de pobreza, y riqueza (se encontró en esta sección que en el caso de la pobreza no existe evidencia de convergencia entre regiones). El estudio se diferenciò las regiones de altiplano, valles y llanos y desagregó datos por provincias (micro regiones mayores a los municipios y menores a los departamentos). Ambos trabajos demostraron la importancia de la geografía física por macro regiones para explicar los niveles de pobreza, pero no tomaron en cuenta la posibilidad de dependencia espacial de la pobreza según provincias.

En Bolivia se han realizado esfuerzos significativos en la construcción de indicadores geográficos y micro datos en los últimos 4 años, Por ejemplo el mapa de pobreza construido en base al CENSO 2001, ayudó a ver con más claridad la dimensión de la pobreza, pero aún esta información no ha sido totalmente explotada en la búsqueda de nuevas políticas de lucha contra pobreza, por ejemplo, aun mantenemos interrogantes sobre dónde debe iniciarse el ataque a la pobreza y cuáles son los potenciales impactos de la política social sobre pobreza regional, esto es un gran desafío, no solo académico sino también práctico y con implicaciones importantes de política Social.

Este proyecto es un primer paso para comenzar a utilizar la información espacial contenida en el mapa de pobreza construido por UDAPE-INE, además de la información geográfica sobre 314 municipios en Bolivia.

En la actualidad la información municipal es relevante, dado de ha producido en el país, un proceso de descentralización administrativa, que otorga mayor capacidad financiera a los municipios, y actualmente son las unidades de desarrollo en Bolivia, por la Estrategia Boliviana de Reducción de la Pobreza (EBRP 2001) y se asignaron recursos a los municipios de acuerdo al grado de pobreza del municipio, estos hechos hacen importante analizar la pobreza a nivel mucho más micro (nivel municipal) que los trabajos antes mencionados, y verificar la existencia de efectos espaciales en relación a la pobreza. En este sentido el presente trabajo intenta responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el Impacto del entorno⁵ en el caso de la pobreza?
2. ¿Cuál es el impacto de las características geográficas sobre la pobreza a nivel municipal?

⁵ Nos referimos en el caso de los municipios, a los municipios cercanos al municipio bajo estudio.

3. ¿Cuál es el impacto sobre la interacción espacial del mejoramiento de las vías carreteras principales en Bolivia respecto de la pobreza?

*Algunos Aspectos Geográficos de Bolivia*⁶

Bolivia se encuentra en la región central de Sudamérica, limita al norte y al este con Brasil, al sureste con Paraguay, al sur con Argentina, al oeste con Perú y al suroeste con Chile. La superficie total del país es de 1.098.581 km² y ocupa el quinto lugar en extensión después de Brasil, Argentina, Perú y Colombia.

En cuanto a la geografía de Bolivia, la cordillera de los Andes penetra en territorio boliviano desde el norte y se bifurca en dos ramales paralelos: la cordillera Occidental y la cordillera Real. Bolivia se divide principalmente en tres regiones geográficas: la región Andina la región Subandina y la región de Los Llanos, la más extensa y menos poblada del país.

La región Andina ocupa 28% de la superficie total del país y se encuentra a más de 3.000 m sobre el nivel del mar. El Altiplano, extensa planicie situada entre la cordillera Occidental y la cordillera Real, concentra en el norte a la mayor parte de la población y a las industrias bolivianas. La región Subandina, región intermedia entre el Altiplano y Los Llanos orientales, abarca el 13% del territorio. Comprende los valles y Los Yungas, que se caracterizan por su actividad agrícola y su clima templado a cálido. A los pies de la cordillera Real, en su flanco nororiental, se abre la región de Los Llanos, que comprende llanuras ricas en flora y fauna, y ocupa un 59% del territorio nacional. Gran parte de esta región se inunda durante la estación húmeda, que cubre los meses de diciembre, enero y febrero, formando áreas pantanosas como los bañados del Izozog. En la zona más meridional de Los Llanos se ubica la zona seca y semitropical del Chaco boliviano, que forma parte del Gran Chaco. La agricultura tiene un gran peso en la economía boliviana, ya que emplea cerca del 50% de la fuerza laboral del país y representa el 14,6% anual del Producto Interno Bruto; las unidades agropecuarias utilizan de forma mayoritaria métodos de cultivo tradicionales. Hay una desigual distribución de la población y sistemas de transporte muy precarios. Aunque en la actualidad Bolivia es autosuficiente en la producción de azúcar, arroz, soya y carne, todavía importa algunos productos alimentarios. Los principales cultivos agrícolas son de papa, caña de azúcar, algodón, café, maíz, arroz, cereales y hoja de coca. Los terrenos de cultivo de algunas regiones, especialmente en Los Yungas, son extraordinariamente fértiles, destacando la producción de arroz, hoja de coca,

⁶ Esta sección ha sido construida con información del Instituto Nacional de Estadística INE.

plátano, café, cítricos y cacao. En Bolivia se encuentran especies de plantas y animales de casi todas las zonas climáticas debido a la variada elevación de su territorio. En los bosques tropicales de la región de Los Llanos abundan los árboles de caucho, más de 2.000 especies de madera dura, como el quebracho, además de cedro y guayacán.

Más de 53.790 km de carreteras recorren el país, de las cuales sólo el 7% está pavimentado y en muchas zonas son transitables únicamente durante la época de sequía. Las compañías bolivianas de aviación Aerosur y Lloyd Aéreo Boliviano ofrecen vuelos a las principales ciudades del país y ofertan además vuelos a otros países latinoamericanos y Estados Unidos. La extensión de los ríos que permiten la navegación de barcos de poco calado totaliza unos 14.000 kilómetros.

El país cuenta con tres sistemas hidrográficos: la cuenca del Norte o del Amazonas, constituida principalmente por los ríos Madre de Dios, Orthon, Abuná, Beni, Mamoré y Guaporé, entre otros la cuenca Central o Lacustre, formada principalmente por el lago Titicaca, el lago Poopó, el salar de Coipasa, el salar de Uyuni y el río Desaguadero, y la cuenca del Sur o del Plata, constituida por los ríos Paraguay, Pilcomayo y Bermejo.

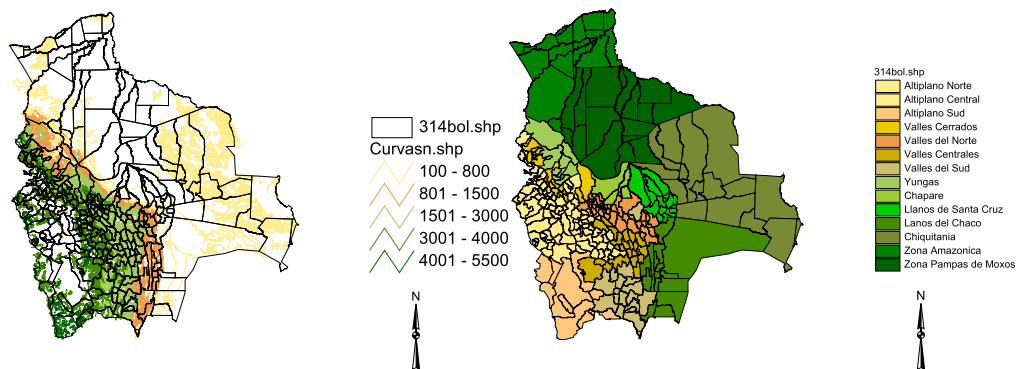
Las proyecciones de población estiman que en 2004 Bolivia tiene 8.724.156 habitantes y una densidad de población de sólo 8 hab/km², una de las más bajas de Sudamérica. La esperanza de vida al nacer era de 62,5 años para los hombres y de 67,9 años para las mujeres. Aproximadamente el 45% de la población es indígena, quechuas (25%) y aymaras (20%); el 31% son mestizos y el 24% restante blancos (15% de origen español y 9% otros). Casi el 63% de la población vive en zonas urbanas. Los idiomas oficiales son el español, el quechua y el aymara; también se habla tupí-guaraní.

La Pobreza y Desigualdad a Nivel Municipios

Actualmente en Bolivia existen 327 secciones de provincia (municipios), pero actualmente se cuenta con información suficiente de los antiguos 314 municipios repartidos en nueve departamentos del país, los departamentos con mayor número de municipios y por tanto de población son La Paz, Santa Cruz y Cochabamba que constituyen el llamado eje central del país, Bolivia también cuenta con varios pisos ecológicos desde los llanos hasta el altiplano donde se encuentran las ciudades a mayor altitud en Bolivia, también presenta características únicas respecto de la diversidad ecológica y geográfica (ver Ilustración 1).

Ilustración 1

Bolivia Curvas de Nivel y Pisos Ecológicos



Fuente: Elaboración Propia en Base a la información municipal y el GIS de la Unidad De Análisis de Políticas Sociales y Económicas UDAPE

Los Índices estimados en los municipios son bastante elevados en el caso de FGT0⁷ La ilustración 2 muestra la Pobreza medida a través de índice FGT0 para cada municipio áreas de baja pobreza están reflejadas con colores claros y áreas de mayor pobreza son reflejadas a través de colores más oscuros, la ilustración es una evidencia de efectos espaciales en pobreza⁸, es decir municipios con baja pobreza tienden a generar ingresos para sus vecinos a través del comercio o las transferencias de los emigrantes entre municipios lo que también se refleja en baja pobreza, en cambio municipios con altos grados de pobreza son un freno para el desarrollo de sus vecinos, es importante recalcar que existen varios canales de transmisión posibles de estos efectos es decir la proximidad y las vías de comunicación. En cuanto a la desigualdad los índices E0⁹ (Índice de Entropía) que reflejan la desigualdad por municipios, a diferencia del anterior caso no se observa un claro patrón en la interacción espacial como en el caso de la pobreza, es decir la desigualdad de los vecinos no afecta la desigualdad del municipio, pero al igual que en el anterior caso no es posible afirmar con total certeza este hecho, hasta implementar un modelo econométrico espacial para la desigualdad por municipios.

⁷ Foster Greer Tohorbecke, Índice de Pobreza en este caso medido en relación al Gasto, ver recuadro 1.

⁸ Vease Anselin 2004

⁹ ver recuadro 1.

Recuadro 1¹⁰

Las medidas de Pobreza más utilizadas corresponden a la familia de índices, conocida como FGT (Foster-Greer-Thorbecke), cuya sensibilidad al consumo de los pobres está determinada por el parámetro ($\alpha \geq 0$). El índice FGT se puede expresar en forma general como:

$$P_{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^q \left[\frac{Z - Y_i}{Z} \right]^{\alpha} \text{ para todo } Y_i < Z ; \text{ Donde : } n = \text{población total, } Z = \text{línea de}$$

pobreza, q = número de personas con consumo menor a la línea de pobreza y Y_i = consumo por persona i .

El porcentaje de pobres o índice de recuento se obtiene cuando $\alpha=0$, este indicador es conocido como incidencia de pobreza ó FGT0.

$$P_0 = FGT0 = \frac{q}{n}$$

Las medidas de desigualdad están basadas en índices que sintetizan la concentración del consumo, los índices de desigualdad más comúnmente usados son el coeficiente de Gini, índice de entropía generalizada, y el índice de Atkinson.

El índice de Entropía Generalizada E_0 es:

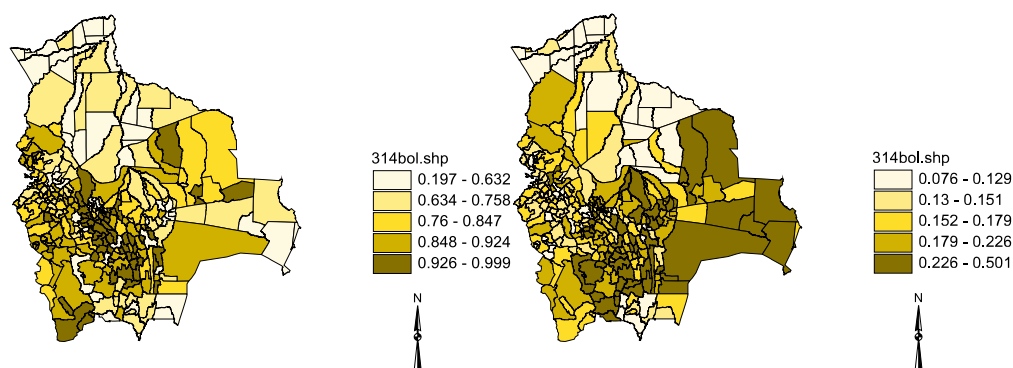
$$E_0 = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \log \left(\frac{m}{Y_i} \right) ; \text{ donde } n = \text{Población total, } m = \text{media aritmética del}$$

consumo, Y_i = consumo de la persona i .

¹⁰ Cowell, F.A. (1995)

Ilustración 2

Pobreza (FGT0) y Desigualdad (E0) por Municipios para el año 2001



Fuente: Elaboración Propia en Base a la información municipal y el GIS de la Unidad De Análisis de Políticas Sociales y Económicas UDAPE

Examinando la información por departamentos se observa que los departamentos más pobres son Potosí y Chuquisaca, en cambio, Santa Cruz es el departamento con menor población pobre, en el caso de la desigualdad Chuquisaca es el departamento más desigual y el más igualitario es Pando, finalmente el mayor porcentaje de población nativa se encuentra en Potosí y el menor porcentaje en Pando (ver Tabla 1).

Tabla 1¹¹

Pobreza y Desigualdad por Departamentos (2001)

	FGT0 Promedio	E0 Promedio	%Nativos Promedio	# Mun
Chuquisaca	0.725	0.272	49%	28
La Paz	0.603	0.178	42%	75
Cochabamba	0.502	0.207	51%	44
Oruro	0.598	0.163	40%	34
Potosi	0.763	0.244	66%	38
Tarija	0.523	0.139	9%	11
Santa Cruz	0.416	0.217	13%	50
Beni	0.595	0.156	7%	19
Pando	0.521	0.129	5%	15

Fuente: Elaboración Propia en Base a la información municipal de la Unidad De Análisis de Políticas Sociales y Económicas UDAPE

Un aspecto importante que debe ser tomado en cuenta son los pisos ecológicos en nuestro país, estos se dividen en Altiplano, Valles y Llanos, pero es una medida muy gruesa para evaluar los impactos de la ubicación de los municipios, por eso observaremos una medida más desagregada de estos pisos ecológicos¹². Los resultados a nivel de pisos ecológicos muestran alta pobreza en áreas del Altiplano sobre todo, y Valles, los Valles

¹¹ La tabla 2 fue calculada utilizando promedios ponderados por la población.

¹² Se observó este hecho con algunas regresiones iniciales.

cerrados concentran el mayor nivel de pobreza, esto potencialmente reflejado por las condiciones adversas de la geografía en esta zona de acceso difícil al contrario de esto la zona con menores índices de pobreza esta concentrada en los Llanos de Santa Cruz y la región de los Yungas, donde existe mayor abundancia de recursos naturales y geográficamente es una área homogénea y no tan accidentada como la zona de los valles centrales.

Tabla 2
Pobreza y Desigualdad por Clases de Pisos Ecológicos (2001)

	FGT0 Promedio	E0 Promedio	%Nativos Promedio	# Mun
Altiplano Central	0.792	0.147	81%	79
Altiplano Norte	0.711	0.194	60%	19
Altiplano Sud	0.650	0.247	36%	11
Chapare	0.542	0.189	32%	4
Chiquitanía	0.439	0.213	43%	17
Llanos de Santa Cruz	0.726	0.252	60%	15
Llanos del Chaco	0.648	0.186	25%	15
Valles Centrales	0.677	0.166	41%	23
Valles Cerrados	0.818	0.222	75%	21
Valles del Norte	0.325	0.212	12%	46
Valles del Sud	0.640	0.226	19%	17
Yungas	0.739	0.223	10%	11
Zona Amazónica	0.588	0.145	4%	19
Zona Pampas de Moxos	0.591	0.160	9%	17

Fuente: Elaboración Propia en Base a la información municipal de la Unidad De Análisis de Políticas Sociales y Económicas
UDAPE

Aunque Bolivia tiene una baja densidad poblacional¹³, no es un país despoblado, la máxima densidad se halla en el departamento de Cochabamba con 133 habitantes por Km2. en promedio por municipio, y las más bajas se encuentran en los departamentos de Beni y Pando con un promedio de cuatro personas por km2 en promedio (ver Tabla 3).

¹³ La más alta es de 263 personas por km2 en el Asia, esto en base a datos del Banco Mundial.

Tabla 3¹⁴

Información Descriptiva por Departamentos (2001)

	Superficie Prom	Densidad Prom	Poblacion Prom	# Mun
Chuquisaca	1809	13	18983	28
La Paz	1695	53	31340	75
Cochabamba	1224	133	33084	44
Oruro	1512	11	11526	34
Potosí	3142	14	18658	38
Tarija	3390	22	35566	11
Santa Cruz	7215	32	40589	50
Beni	11135	4	19080	19
Pando	4284	4	3502	15

Fuente: Elaboración Propia en Base a la información municipal de la Unidad De Análisis de Políticas Sociales y Económicas UDAPE

En cuanto a los pisos ecológicos se observa que el área con municipios más densos es el área de los Valles Cerrados, y la que posee municipios con menor densidad es el Altiplano Sud, el área con municipios más poblados es la de Valles Cerrados, finalmente se observa que el mayor número de municipios se encuentra en el Altiplano Central (ver Tabla 4).

Tabla 4

Información Descriptiva por Clases de Pisos Ecológicos

	Superficie Prom	Densidad Prom	Poblacion Prom	# Mun
Altiplano Central	1210	15	13538	79
Altiplano Norte	743	46	18327	19
Altiplano Sud	6386	2	7871	11
Chapare	4537	11	35949	4
Chiquitanía	13505	3	16948	17
Llanos de Santa Cruz	2174	94	104316	15
Llanos del Chaco	8085	6	18336	15
Valles Centrales	1563	15	21261	23
Valles Cerrados	1124	127	78903	21
Valles del Norte	838	126	28125	46
Valles del Sud	2785	16	26024	17
Yungas	3080	15	17212	11
Zona Amazónica	6483	4	9514	19
Zona Pampas de Moxos	11305	4	14476	17

Fuente: Elaboración Propia en Base a la información municipal de la Unidad De Análisis de Políticas Sociales y Económicas UDAPE

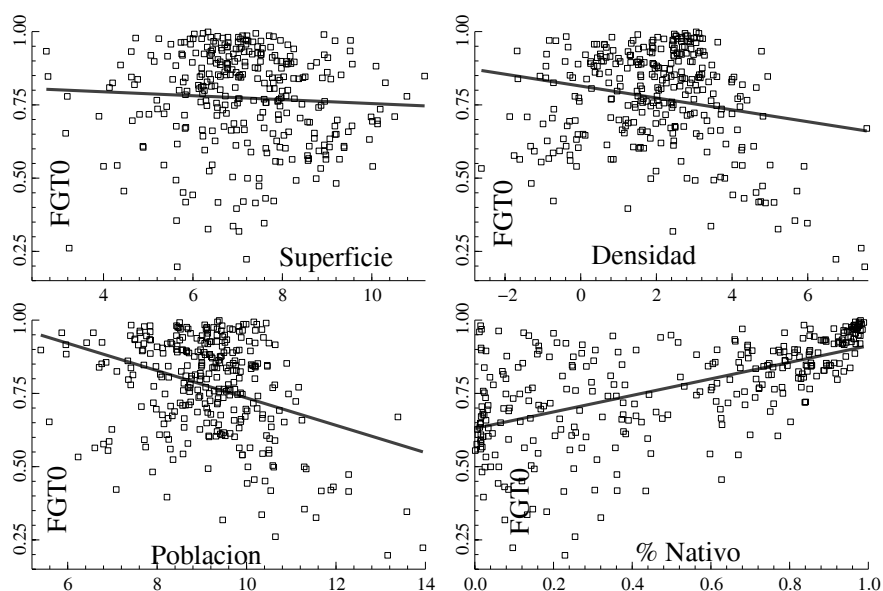
Observando la ilustración 3, el índice FGT0 se encuentra negativamente correlacionado con el nivel de población (correlación = -0.35), la densidad (correlación = -

¹⁴ Las tabla 1 fue calculada como promedios simples de las estadísticas por municipio, la información utilizada corresponde al año 2001 en todos los casos.

0.21), y la superficie del municipio (correlación = -0.06), lo que implica que municipios con baja población presentan altos índices de pobreza. La densidad y la superficie tienen la misma correlación que el nivel de población del municipio, estos resultados son bastante comprensibles desde el punto de vista que mayor densidad poblacional produce menores costos de transporte, en el caso de la población esta produce un mayor nivel de demanda de bienes y servicios, y es de suponer que economías más pobladas tienen mayor probabilidad a generar mayores beneficios para sus habitantes, y municipios con mayor superficie tienen una mayor posibilidad de tener recursos naturales, un resultado interesante muestra que municipios con altos porcentajes de población indígena poseen altos niveles de pobreza (correlación = 0.59).

Ilustración 3

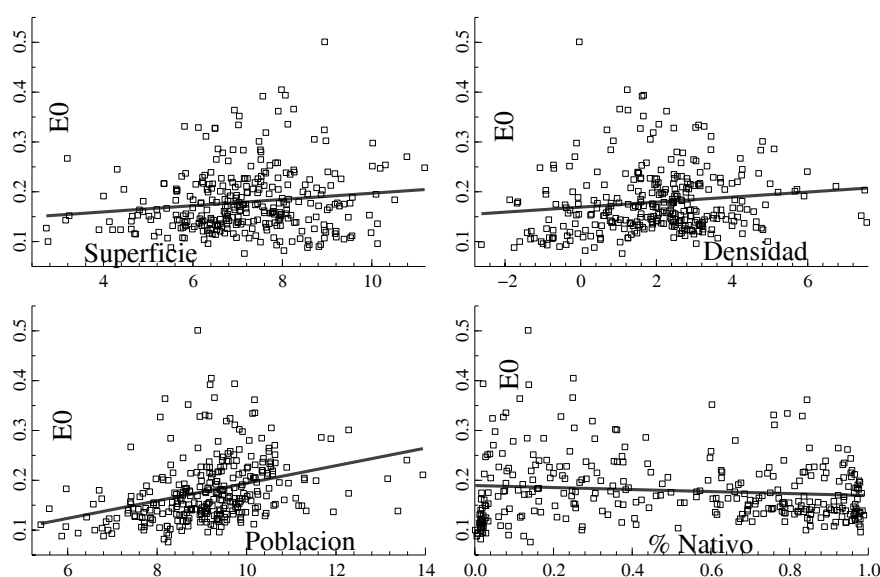
Correlaciones con la Pobreza por Municipios



En el caso de la desigualdad los efectos son menos pronunciados que en el caso de la pobreza, correlación de 0.14 en el caso de la superficie, pero a diferencia de la pobreza municipios con mayor superficie tienden a presentar altos niveles de desigualdad (correlación = 0.13), al igual que en el caso de la población (correlación = 0.34) y la densidad, esto lleva a sospechar que municipios con mayor población, densidad y superficie, tienden a ser menos pobres pero más desiguales. Sin embargo no parece existir impacto del porcentaje de nativos en el municipio sobre la desigualdad del municipio (correlación = -0.11).

Ilustración 4

Correlaciones con la Desigualdad por Municipios



Metodología de Estimación del Modelo SAR

El análisis sobre la dependencia espacial de la Pobreza, que evalúa la existencia de efectos espaciales y estructura espacial de la pobreza, utilizará los modelos de correlación espacial SAR (Spatial Autorregresive Model), primero se construye una matriz de ponderación espacial que representa la estructura espacial (su construcción es el proceso más difícil e importante). Las matrices de ponderación espacial expresan la correlación espacial entre municipios, en el presente trabajo es la matriz de contigüidad¹⁵, que es una matriz de 314 filas por 314 columnas¹⁶. El modelo SAR es un modelo aparentemente sencillo pero, a diferencia de su par AR (modelo auto regresivo en series de tiempo), no puede ser estimado con MCO (Mínimos Cuadrados Ordinarios) sino que debe de ser estimado por MV (Máxima Verosimilitud), la función de verosimilitud de este modelo tiene una estructura compleja y precisa de muchos cuidados adicionales en la búsqueda de optimización. El modelo general es el siguiente:

$$y = \rho W y + X \beta + \varepsilon$$
$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

¹⁵ Véase el Anexo.

¹⁶ En esta matriz cada fila representa un municipio y sus conexiones con otras columnas (municipios). La matriz de ponderación espacial fue construida de la forma "rook" es decir si W es la matriz, $W_{ij} = 1$, si el municipio i tiene una frontera común con el municipio j, después de esto esta matriz debe de normalizarse fila por fila constituyéndose así la matriz de rezago espacial Wp, en general se obtienen rezagos espaciales premultiplicando variables por esta matriz.

siguiendo a Anselin 2004, el logaritmo de verosimilitud del modelo es:

$$\ln L = -(n/2)\ln(2\pi\sigma^2) + \ln|I - \rho W| - \varepsilon' \varepsilon / (2\sigma^2)$$

donde:

$$\varepsilon = y - \rho W y - X\beta$$

W es la matriz de ponderación espacial, X es la matriz de información de las variables explicativas que podría incluir el término constante, ρ es el coeficiente de correlación espacial, β la matriz de coeficientes de las variables explicativas y ε es la matriz de errores no observables del modelo, si el coeficiente ρ es significativo se aceptará la hipótesis de dependencia espacial.

En nuestro caso tomaremos a FGT0 y (E0) como variables dependientes, y como variables explicativas utilizaremos el porcentaje de población indígena en el municipio (NATIVO), la densidad de la población para el año 1992 (DENS92), variables ficticias por piso ecológico (14 pisos ecológicos, variables ficticias CLA1-CLA14), variables ficticias por departamentos (D1-D9).

Una forma de contrastar la posibilidad de efectos espaciales rezagados se obtiene a partir de una nueva estimación del modelo SAR, tomando los residuos como dependientes. La hipótesis nula en este caso es “No correlación espacial en los residuos”, el rechazo de esta hipótesis en este caso se interpretaría como falta de especificación de la estructura espacial del modelo, dado que consideramos al modelo como SAR univariante¹⁷.

Interpretación y Resultados Esperados

Consideremos el modelo Espacial:

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

donde, y puede ser FGT0 (E0), la matriz W es la matriz de ponderación espacial¹⁸, y X es el conjunto de variables explicativas del modelo (densidad, % de nativos, y otros), β es el vector de coeficientes de estas variables, y ρ es el coeficiente de correlación espacial, si $\rho > 0$, se observa patrones suaves en el comportamiento de FGT0 (E0) en el espacio, y

¹⁷ Véase LeSage (1998).

¹⁸ Véase el Anexo.

este resultado es compatible con el concepto de difusión¹⁹, en cambio si $\rho < 0$ se observa un patrón de competencia lo que es reflejado por una estructura del tipo tabla de ajedrez, esto por ejemplo es utilizado para explicar la competencia de regiones por recursos limitados, en cambio, si $\rho = 0$, se rechaza la hipótesis de dependencia espacial de la pobreza.

En el caso de las variables FGT0 (E0) se esperaría encontrar en el modelo SAR que $\rho > 0$, lo que implica que la variable FGT0 (E0) es afectada por el rezago espacial de la variable W FGT0 ($WE0$), siendo que el coeficiente ρ es positivo se concluiría, que a mayor pobreza de los municipios del entorno de un municipio, mayor la pobreza del municipio, esto desde el punto de vista de reducción de pobreza, se traduce en el siguiente mecanismo, al reducirse la pobreza de un municipio se reduce la pobreza de los municipios que se encuentran alrededor y al aumentar la pobreza de un municipio aumenta la pobreza de los municipios ubicados en el entorno.

La estructura espacial del modelo esta expresada en W la matriz de ponderación espacial, que expresa la conexión espacial con todos los municipios, esta matriz esta compuesta de 0's y 1's, donde los 1's implican conexión, así se asigna 1 en la fila i , que corresponde al municipio i , a todos los municipios (filas), con los que el municipio (línea) i posee frontera, y después se estandariza por la suma de la fila es así que la variable resultante Wy no es otra cosa que el promedio de los valores del entorno.

La composición de W determina la relación espacial de los municipios, y por ende determina cuales son las conexiones entre municipios, la concepción más ampliamente utilizada en la construcción de la matriz de ponderación espacial es la de conexión total de los vecinos, es decir, se supone que existe comunicación de cada municipio con sus vecinos con los que limita, pero esta matriz muchas veces es una gruesa aproximación de la verdadera estructura espacial que realmente existe, por ejemplo, puede darse el caso de municipios con frontera común, pero que no poseen ningún tipo de relación ni económica ni social, es el caso en el que no existe dependencia espacial entre estos municipios, se utilizará entonces una matriz alternativa W_2 que a diferencia de la matriz W asigna 1 solo si existe una conexión física a través de una carretera con los municipios con los que posee frontera²⁰, construyendo esta matriz de esta manera se podrá evaluar el impacto de la estructura caminera sobre la pobreza a través de la difusión de la pobreza (riqueza), a través de la red caminera. Se esperaría que al utilizar la matriz W_2 , $\rho > 0$, y significativo, así se

¹⁹ Existe una gran semejanza entre la definición física de difusión de líquidos en medios líquidos, es decir en el caso espacial los efectos se difunden a través del espacio como tintura sobre un vaso de agua.

²⁰ En este caso carreteras que pertenecen a la Red Vial Fundamental, véase el Anexo.

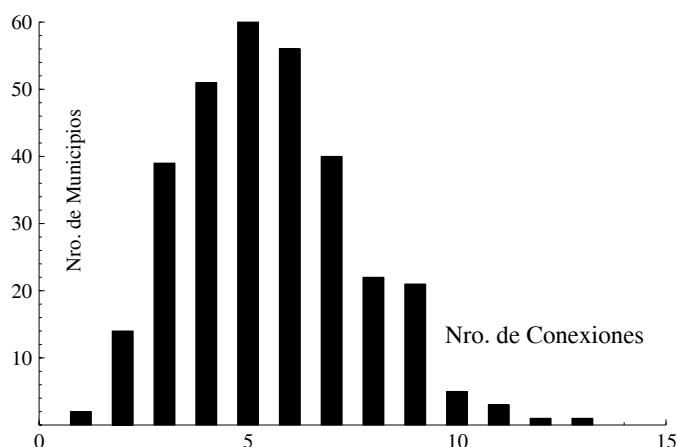
podría obtener el impacto de una nueva conexión de en la vía caminera sobre la pobreza, esto desde el punto de vista de la difusión de la pobreza (riqueza), se observaría por ejemplo el impacto de una nueva construcción caminera que relacione el municipio k y el municipio l , que no existía con anterioridad entre estos municipios, esto en términos de nuestro modelo adicionaría dos 1's en la matriz W_2 en las filas $k(l)$ y columnas $l(k)$, así el impacto se obtendría con la predicción de pobreza y la comparación con la pobreza inicial de los municipios.

Resultados Iniciales del modelo SAR

En cada caso cuantificamos el grado de conexión entre municipios de la matriz de ponderación espacial a través de un histograma que muestra el número de municipios, por número de conexiones se observa que las conexiones están concentradas entre tres y siete conexiones por municipio²¹.

Ilustración 5

Histograma del numero conexiones en la matriz de ponderación espacial



Inicialmente partimos con un modelo general que incluye todas nuestras variables (potencialmente, dado el número de ficticias, posiblemente muchas serán colineales y otras no significativas), reduciendo después a un modelo particular con menos variables, para ambos modelos (FGT0) y (E0), proceso puede derivar en una infinidad de posibles combinaciones considerando la cantidad de variables incluidas en el modelo, entonces se utilizó PcGets²² para encontrar el modelo final, utilizando estrategias liberal y

²¹ Debe considerarse que estas conexiones no necesariamente implican que existan caminos o infraestructura carretera entre estos (aunque existen para todos los municipios que son conectados absolutamente todos a través de las vías internacionales, Inter. Provinciales, y vías municipales de nuestro país).

²² PcGets es un programa de selección automática de modelos econométricos <http://www.oxmetrics.net>.

conservadora²³, en el caso de la pobreza estos dos procesos derivaron en modelos diferentes, no es fácil diferenciar cuál de ellos es mejor que el otro dado que los criterios de evaluación AIC (Akaike Info Criterion) y SC (Schwarz Criterion) dan ventajas comparativas a uno sobre el otro modelo no teniendo unanimidad en la elección del modelo apropiado, AIC indica el modelo 1 pero SC indica el modelo 2²⁴ (véase la tabla 5)

Tabla 5

Resultados de las regresiones SAR.

Definición de Variables			Variable	Modelo 1A	Modelo 2A	Modelo 3A
			Variable Dependiente	FGT0	FGT0	E0
FGT0	Índice FGT0	continua	rho	0.30865***	0.33398***	0.047722
E0	Entropía	continua	constante	0.49595***	0.44839***	0.22601***
dens92	Densidad Hab/km2 1992	continua	dens92	0.00033599**	0.00033215***	
NATIVO	% de Pob. Nativa	continua	NATIVO	0.25105***	0.22805***	
CLA1	Altiplano Central	discreta	CLA1			
CLA2	Altiplano Norte	discreta	CLA2			
CLA3	Altiplano Sud	discreta	CLA3			-0.0351**
CLA4	Chapare	discreta	CLA4	0.058824**		
CLA5	Chiquitania	discreta	CLA5			
CLA6	Llanos de Santa Cruz	discreta	CLA6			
CLA7	Llanos del Chaco	discreta	CLA7			
CLA8	Valles Centrales	discreta	CLA8			
CLA9	Valles Cerrados	discreta	CLA9			
CLA10	Valles del Norte	discreta	CLA10	-0.089422***	-0.053974**	
CLA11	Valles del Sud	discreta	CLA11			0.050197***
CLA12	Yungas	discreta	CLA12			
CLA13	Zona Amazónica	discreta	CLA13			
CLA14	Zona Pampas de Moxos	discreta	CLA14			
DEP1	Chuquisaca	discreta	DEP1			
DEP2	La Paz	discreta	DEP2	-0.1344***	-0.07572***	-0.082651***
DEP3	Cochabamba	discreta	DEP3	-0.11561***	-0.067508***	-0.050445***
DEP4	Oruro	discreta	DEP4	-0.055418***		-0.084948***
DEP5	Potosí	discreta	DEP5	-0.071653***		
DEP6	Tarija	discreta	DEP6	-0.079427**		-0.10952***
DEP7	Santa Cruz	discreta	DEP7			-0.028465***
DEP8	Beni	discreta	DEP8	-0.095205***	-0.062715**	-0.10023***
DEP9	Pando	discreta	DEP9	-0.11886***	-0.08464***	-0.12622***
			AIC	-507.652	-496.384	-983.312
			SC	-458.91	-462.64	-942.069
			Variable Dependiente	Errores	Errores	Errores
			rho	0.097508	0.13334	-0.1234

* Significancia 10%, ** significancia 5%, ***significancia 1%

²³ Estrategia Liberal: Es la estrategia construida en PcGets enfocándose en minimizar la probabilidad de no-selección de las variables relevantes, en este sentido una estrategia liberal tiene más probabilidad de retener variables relevantes al riesgo de mantener algunas irrelevantes. Estrategia Conservadora: Esta estrategia esta enfocada en minimizar la probabilidad de no-eliminación de variables insignificantes en este sentido una estrategia conservadora tiene más probabilidad de eliminar variables relevantes ver Hendry D.F y Krolzig, H-M. (2001). Es importante también considerar que en este caso omitimos la relación de Bolivia con los países limítrofes que podría considerarse como variables ficticias para algunos municipios

Modelos 1A y 2A

Se **acepta la hipótesis de correlación espacial de la Pobreza** entre los municipios, esto implica que el incremento de un punto decimal en la pobreza de la pobreza promedio de los municipios del entorno de un municipio, resultará en el aumento de aproximadamente 0.3 puntos decimales en la pobreza del municipio, esto implica que municipios pobres se encontrarán en áreas pobres, así valores semejantes en los índices de pobreza FGT0 son cercanos en espacio, esto es los vecinos son similares y la estructura espacial es compatible con el concepto de difusión, al ser el coeficiente de correlación espacial ρ es positivo y significativo.

Como se había inferido anteriormente la densidad tiene un efecto negativo sobre el nivel de pobreza (-0.0003), y la proporción de población nativa tiene un efecto positivo (0.25 y 0.22) para incrementar la pobreza, signos que son esperados de acuerdo a nuestro análisis de los diagramas de dispersión.

En cuanto al caso de los pisos ecológicos, en el modelo 1A municipios en el área del Chapare tienden a poseer niveles mayores de pobreza, en cambio municipios en el Valle Norte tienden a tener niveles menores de pobreza, en el caso del modelo 2 se observa también el efecto negativo de la ficticia para Valles del Norte sobre la pobreza, este es un resultado importante ya que estos valles son el área mas productiva del país donde se encuentran Santa Cruz de la Sierra, Montero y Warnes.

Finalmente en el caso de los departamentos, en el modelo 1A los municipios colocados en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Oruro, Potosí, Tarija, Beni y Pando tienden a menores niveles de pobreza, y para el modelo 2A solo son distinguibles efectos para La Paz, Cochabamba, Beni y Pando, el hecho que Santa Cruz no esté en este grupo se explica porque su región más productiva vale decir los Valles del Norte donde se encuentra la capital Santa Cruz de la Sierra, es significativa y negativamente relacionada al nivel de pobreza del municipio en esta área.

Observando los signos de las variables independientes y la consistencia de los resultados el modelo 2 es más consistente para nuestro estudio, porque incluye un menor número de variables y porque los resultados son los cercanos a la intuición económica del caso, es decir correlación espacial positiva, signos correctos en los casos de densidad y proporción de población nativa del municipio.

Modelo 3A

En el caso del modelo para la desigualdad **no hay evidencia de efectos espaciales** este resultado es bastante racional dado que la desigualdad es resultado de una estructura social y difícilmente es afectada por efectos económicos de los vecinos en el corto plazo.

En cuanto a las variables explicativas del modelo, la densidad ni el porcentaje de población indígena afectan el nivel de desigualdad de los municipios, nuestros resultados muestran también que municipios en el altiplano Sud tienden a ser menos desiguales que otras áreas del país, muy al contrario de los municipios que se encuentran en la región de los Valles del Sud tienden a ser más desiguales esto debido a que las actividades principales en estos municipios son ganadería y explotación de hidrocarburos²⁵, finalmente los municipios ubicados en los departamentos de La Paz, Cochabamba, Oruro, Tarija, Beni y Pando tienden a menores niveles de desigualdad respecto de los otros municipios.

Análisis de los Impactos espaciales por la Estructura Caminera

Un segundo paso es considerar modificaciones en la estructura de los efectos espaciales; esto se realiza a través de la matriz de ponderación espacial. En nuestro caso partimos con la matriz de contigüidad total que es la forma mas general y simple de describir la interacción espacial, es posible modificar esta matriz de acuerdo a otras estructuras de interacción espacial, por ejemplo tomando en cuenta conexiones físicas entre nuestros municipios o por distancias entre ellos, en el caso de conexiones físicas es podemos considerar carreteras, vías fluviales y vías aéreas de comunicación.

La red caminera de Bolivia, con más de 52 mil kilómetros de extensión, comunica a las principales regiones del país con las naciones vecinas. Entre los principales proyectos de infraestructura vial, se encuentra la construcción de nuevos tramos camineros como los de Abapó-Camiri, Ventilla-Tarapaya y Pailón-Puerto Suárez, que mejorarán la integración nacional e internacional. La construcción del puente sobre el río Desaguadero y el tramo Cotapata-Santa Bárbara habilitarán el Corredor Vi oceánico que unirá a Guayaramerín (frontera con Brasil) con Ilo (Perú).

Bolivia tiene un servicio ferroviario nacional con una extensión de 3,324 kilómetros, que interconecta con Perú, Chile, Brasil y Argentina. Este sistema está compuesto por dos redes ferroviarias: la Red Oriental, de 1,424 kilómetros, atraviesa los

²⁵ Vease Morales et al. y Andersen et al.

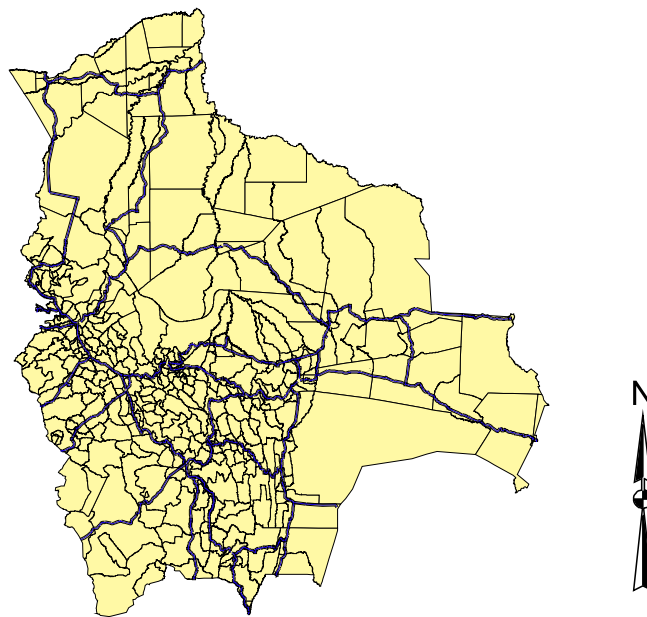
departamentos de Santa Cruz, Chuquisaca y Tarija; la Red Occidental, de 2,274 kilómetros, conecta el occidente boliviano con los puertos de Arica, Antofagasta, Matarani, Rosario, Buenos Aires y Santos. También tiene 3 aeropuertos internacionales. Varias líneas aéreas internacionales ofrecen servicios de transporte de pasajeros y carga a los países vecinos, Estados Unidos y conexiones a Europa, África y el Lejano Oriente. Internamente, también existen compañías de transporte para pasajeros y carga, finalmente el sistema fluvial se compone de tres sistemas: i) Sistema Amazónico: Fluye de oeste a este del país, siendo el principal río navegable el Madre de Dios que desemboca en Riberalta. Este sistema también está compuesto por el río Beni que fluye hacia el norte hasta su confluencia con el río Mamoré. Este río es navegable desde Puerto Villarroel hasta Guayaramerín ii) Sistema del Plata: Está conformado por dos ríos principales, el Paraguay y el Pilcomayo, donde se encuentra la Hidrovía Paraná - Paraguay que une los países de la Cuenca del Plata (Bolivia, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay). Esta es la vía de comunicación que permite a Bolivia el acceso al Atlántico, iii) Sistema Central o Lacustre: Está formado principalmente por los lagos Titicaca y Poopó, unidos por el río Desaguadero y ofrece acceso al Perú.

Siendo que estamos interesados en el estudio de la pobreza es más conveniente considerar la red caminera como una estructura potencial que explique las interacciones espaciales entre los municipios de Bolivia. Todos los municipios todos están conectados por sus vecinos a través de caminos provinciales o a través de la **Red Vial Fundamental (RVF)**, bajo la responsabilidad del Servicio Nacional de Caminos. Las carreteras que pertenecen a esta red deben contar con las siguientes características: i) Vincular las capitales políticas de los departamentos, ii) Permitir la vinculación de carácter internacional conectándose con las carreteras principales existentes de los países limítrofes iii) Conectar en los puntos adecuados dos o más carreteras de la Red Fundamental iv) Cumplir con las condiciones de protección ambiental. **Redes Departamentales**, bajo la responsabilidad de las Prefecturas a través de los Servicios Departamentales de Caminos, que también tienen la denominación de Servicio Prefectural de Caminos (SEPCAM). Pertenecen a esta clasificación aquellas vías que cumplen las siguientes condiciones: i) Integración departamental ii) Conexión con la Red Fundamental iii) Caminos colectores que pasando cerca de las zonas productivas permitan una conexión corta a través de los caminos municipales, llevando la producción a los centros de consumo iv) Vinculación de capitales de provincia con la capital de departamento, directamente o a través de una ruta fundamental v) Vincular capitales de provincia con la capital del departamento, directamente o a través de una ruta fundamental vi) Conexión con sistemas de transporte

intermodal de importancia departamental vii) Acceso a polos de desarrollo de carácter departamental viii) Cumplir normas y requerimientos de protección ambiental **Redes Municipales**, bajo la responsabilidad de los Municipios. Pertenecen a esta modalidad aquellas rutas que: i) Son caminos alimentadores de la red departamental y/o fundamental ii) Vinculan poblaciones rurales, comunidades o centros de producción entre capitales de provincia o entre capitales de provincia con capitales de departamento iii) Cumplan normas y requerimientos de protección ambiental

Ilustración 6

Municipios Interconectados a la Red Fundamental



Fuente: Elaboración Propia en Base a la información municipal y el GIS de la Unidad De Análisis de Políticas Sociales y Económicas UDAPE

La Ilustración 8 muestra los municipios conectados a través de la red fundamental de caminos, la red fundamental comprende caminos con condiciones físico-estructurales mejores a las redes departamental y Municipal, también considerar mas redes implica conexión total entre vecinos en el caso de municipios de esta manera restringiremos la matriz de contigüidad solo a municipios que están conectados por la red fundamental de caminos.

Tabla 6

Resultados de las regresiones SAR (Matriz de ponderación espacial restringida por caminos)

Definición de Variables			Variable Dependiente	Modelo 1A	Modelo 1B	Modelo 2A	Modelo 2B
				FGT0	FGT0	FGT0	FGT0
FGT0	Índice FGT0	continua	rho	0.30865***	0.037379	0.33398***	0.052718*
E0	Entropía	continua	constante	0.49595***	0.70449***	0.44839***	0.66063***
dens92	Densidad Hab/km2 1992	continua	dens92	-0.00033599*	-0.00037915*	-0.00033215*	-0.00037252***
NATIVO	% de Pob. Nativa	continua	NATIVO	0.25105***	0.28926***	0.22805***	0.27598***
CLA1	Altiplano Central	discreta	CLA1				
CLA2	Altiplano Norte	discreta	CLA2				
CLA3	Altiplano Sud	discreta	CLA3				
CLA4	Chapare	discreta	CLA4	0.058824**	0.067961**		
CLA5	Chiquitania	discreta	CLA5				
CLA6	Llanos de Santa Cruz	discreta	CLA6				
CLA7	Llanos del Chaco	discreta	CLA7				
CLA8	Valles Centrales	discreta	CLA8				
CLA9	Valles Cerrados	discreta	CLA9				
CLA10	Valles del Norte	discreta	CLA10	-0.089422***	-0.12676***	-0.053974**	-0.089613***
CLA11	Valles del Sud	discreta	CLA11				
CLA12	Yungas	discreta	CLA12				
CLA13	Zona Amazónica	discreta	CLA13				
CLA14	Zona Pampas de Moxos	discreta	CLA14				
DEP1	Chuquisaca	discreta	DEP1				
DEP2	La Paz	discreta	DEP2	-0.1344***	-0.15486***	-0.07572***	-0.095126***
DEP3	Cochabamba	discreta	DEP3	-0.11561***	-0.14049***	-0.067508***	-0.094635***
DEP4	Oruro	discreta	DEP4	-0.055418***	-0.056553**		
DEP5	Potosí	discreta	DEP5	-0.071653***	-0.067367***		
DEP6	Tarja	discreta	DEP6	-0.079427**	-0.10258***		
DEP7	Santa Cruz	discreta	DEP7				
DEP8	Beni	discreta	DEP8	-0.095205***	-0.12855***	-0.062715**	-0.093137***
DEP9	Pando	discreta	DEP9	-0.11886***	-0.17342***	-0.08464***	-0.13719***
			Variable Dependiente	Errores	Errores	Errores	Errores
			rho	0.097508	0.25345***	0.13334	0.30561***

* significancia 10%, ** significancia 5%, ***significancia 1%

Modelos 1A y 2A

Los modelos 1A y 2A son los modelos inicialmente estimados en la tabla 5 como modelos 1 y 2, en el caso de estos modelos se acepta la nula de “no correlación espacial” en los residuos es decir ambos modelos en el caso de la pobreza capturan bastante bien los efectos espaciales de la misma, en ambos casos los coeficientes correlación espacial de los errores son 0.1 y 0.13 aproximadamente, y en ambos casos no significativos (véase la tabla 6).

Modelos 1B y 2B

Utilizando las variables de los modelos 1A y 2A de la tabla 6, y modificando la matriz de ponderación dado que en el primer caso consideramos la matriz de contigüidad total (modelos 1A, 2A), ahora consideraremos en este segundo caso la matriz de contigüidad restringida a su relación por la Red Vial Fundamental (Modelos 1B, 2B), los

resultados en cuanto a los coeficientes de las variables explicativas (densidad, nativos, etc.) muestran signos y significancia semejante a los casos iniciales, muy por el contrario los coeficientes espaciales ρ de cada modelo no son significativos, ni al 5 ni al 1% a diferencia del anterior caso donde la correlación espacial era significativa al 1%. Considerando los residuos de cada modelo y contrastamos la significancia del autorrelación espacial de los mismos, nuestros resultados muestran que en los modelos 1A, 2A capturan la interacción espacial (los residuos son cercanos a ruido blanco espacial), en cambio en los casos de los modelos 1B, y 2B el efecto espacial no es capturado por el modelo SAR y es transmitido hacia los residuos.

Conclusiones

La Ubicación Importa

Los resultados muestran que evidentemente la ubicación de los municipios es importante en la determinación del nivel de pobreza del mismo, dado que la ubicación espacial determina: la cantidad de recursos naturales que pueden ser explotados y el flujo de comercio, utilizando el modelo 2A para explicar la pobreza (FGT0), concluimos que los departamentos de La Paz, Cochabamba, Beni y Pando ofrecen ventajas sobre los demás departamentos lo que se refleja en niveles inferiores de pobreza respecto del resto, del mismo modo la región industrial de los Valles del Norte en el departamento de Santa Cruz, en el orden de impactos estos son casi similares para estos departamentos que van desde un -0.08 hasta un -0.06 lo que implica que municipios ubicados en estos departamentos tienen menores niveles de pobreza, esto se explica, dado La Paz, y Cochabamba poseen una amplia diversidad de recursos naturales además de un nivel industrial y comercial mayor a otros departamentos que se encuentran fuera del eje central del país. En cuanto al caso de Beni y Pando los efectos se explican por la elevada cantidad de recursos Naturales que poseen estos departamentos, finalmente en cuanto al caso de los Valles del Norte esta es una región más activa de Bolivia tal vez la más desarrollada y rica del país, dentro de esta región se encuentran los municipios de Santa Cruz de la Sierra, Warnes y Montero.

La Pobreza de los Vecinos Importa

El modelo 2A y el modelo 1A verificaron la hipótesis de impactos espaciales en la Pobreza, es decir la Pobreza de los vecinos afecta a la pobreza del municipio y la pobreza de este afecta a la pobreza de sus vecinos, el impacto del incremento de un punto decimal de la pobreza de los vecinos de un municipio es de aproximadamente 0.3 puntos decimales sobre la pobreza del municipio, en el plano de políticas contra la pobreza, ello implica que

una política consistente de lucha de pobreza debe de considerar la interacción espacial de la decisión de reducir la pobreza en uno u otro municipio. En este contexto también las políticas anti pobreza solo tendrán impacto si son políticas regionales y no municipales para que estas políticas tengan un efecto duradero en tiempo para reducir la pobreza.

La Mejoras en la Red Vial Fundamental (RVF) no mejoran los efectos difusivos de la Pobreza

Considerando la matriz de ponderación restringida por la RVF aceptamos la hipótesis de aleatoriedad espacial en el modelo SAR, lo que implica que los valores observados no dependen de la ubicación donde se encuentren ni del entorno, sin embargo se encontró efectos espaciales en los errores lo que implica que existen factores espaciales que no son explicados por esta estructura, es decir es importante considerar conexiones más amplias a las carreteras de la red fundamental, esto es, la matriz de ponderación restringida por las conexiones a RVF no condujo a una mejor comprensión de los efectos espaciales como se esperaba en un principio, este es un resultado importante porque nos conlleva a afirmar que la ampliación de la red fundamental no incrementará la conexiones espaciales de los municipios con respecto a la pobreza, es decir los **efectos difusivos de la pobreza serán iguales con la construcción o no de nueva infraestructura caminera**. También nos permite deducir que la pobreza interactúa un nivel mayor al de la red fundamental, es decir posiblemente también a través de la red departamental y/o provincial.

Debemos ser cuidadosos al analizar estos resultados ya que nuestros resultados muestran que la RVF no es la estructura espacial que explica la pobreza en los municipios, y que no afecta a los efectos difusivos de la pobreza, lo que es diferente del impacto de la construcción de infraestructura física que en general tiene un efecto positivo en la reducción de la pobreza a través de la generación de empleos y mejores condiciones productivas para las empresas.

Referencias

Andersen, L., Evia, J.L., Nina, O., Urquiola, M., 1999, “*Migration, Urban and Industrial Concentration, Welfare, and Convergence: 1950-1992*”, Inter-American Development Bank Research Network IADB RES.

Anselin, Luc, 2004, “*How to Use the Spatial Weights Archive*”,
<http://www.sal.agecon.uiuc.edu>.

Anselin, Luc, 2003, “*An Introduction to Spatial Analysis with GeoData*”, Spatial Analysis Laboratory.

Cowell, F.A., 1995, “*Measuring Inequality*”, Prentice Hall.

Doornik, Jurgen, 2001, “*Introduction to Ox*”, Timberlake Consultants.

Hendry, D.F. y Krolzig, H-M. 2001. “*Automatic Econometric Model Selection*”, Timberlake Consultants Press.

LeSage, James P., 1998, “*Spatial Econometrics*”, Departament of Economics University of Toledo.

Morales, R., Galopo, E., Jemio, L. C., Choque, M. C., Morales, N., et al., 2000, “*Bolivia: Geografía y Desarrollo Económico*”, Inter-American Development Bank Research Network IADB RES.

Moler, C., 1998, “*Sparse Matrices in Matlab: Design and Implementation*”, Math Works.

Unidad de Análisis de Política Económica UDAPE, Instituto Nacional de Estadística INE, Banco Mundial BM, 2003, “*Pobreza y desigualdad en Municipios de Bolivia: Estimación del gasto combinado del CENSO 2001 y las Encuestas de Hogares*”.

Anexos

Resultados de las estimaciones

Modelo 1A

Ox version 3.40 (Windows) (C) J.A. Doornik, 1994-2004

Strong convergence

Variable dependiente

[0] = FGT0

LogL:

266.83

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.30865	0.063884	4.8315	2.1658e-006
constant	0.49595	0.051234	9.6801	0.00000
dens92	-0.00033599	4.9830e-005	-6.7427	7.9828e-011
nativo	0.25105	0.026880	9.3394	0.00000
cla4	0.058824	0.025960	2.2659	0.024168
cla10	-0.089422	0.031081	-2.8770	0.0043024
dep2	-0.13440	0.021411	-6.2770	1.2065e-009
dep3	-0.11561	0.024563	-4.7066	3.8525e-006
dep4	-0.055418	0.022554	-2.4571	0.014571
dep5	-0.071653	0.023503	-3.0487	0.0025033
dep6	-0.079427	0.034523	-2.3007	0.022093
dep8	-0.095205	0.028841	-3.3011	0.0010795
dep9	-0.11886	0.032928	-3.6098	0.00035898
sigma2	0.010497	0.00084214	12.464	0.00000

Strong convergence

errores de

[0] = FGT0

LogL:

270.48

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.097508	0.086728	1.1243	0.26175
constant	0.00014156	0.0057664	0.024549	0.98043
sigma2	0.010436	0.00083335	12.523	0.00000

Modelo 1B

Strong convergence

Variable dependiente

[0] = FGT0

LogL:

256.88

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.037379	0.029727	1.2574	0.20959
constant	0.70449	0.027151	25.947	0.00000
dens92	-0.00037915	5.1018e-005	-7.4317	1.1255e-012
nativo	0.28926	0.026742	10.817	0.00000
cla4	0.067961	0.026988	2.5181	0.012318
cla10	-0.12676	0.031439	-4.0319	7.0220e-005
dep2	-0.15486	0.022079	-7.0138	1.5435e-011
dep3	-0.14049	0.025148	-5.5865	5.1978e-008
dep4	-0.056553	0.023502	-2.4063	0.016718
dep5	-0.067367	0.024960	-2.6990	0.0073497
dep6	-0.10258	0.035610	-2.8807	0.0042534
dep8	-0.12855	0.029191	-4.4038	1.4814e-005
dep9	-0.17342	0.032165	-5.3916	1.4164e-007
sigma2	0.011399	0.00090952	12.533	0.00000

Strong convergence

errores de

[0] = FGT0

LogL:

262.93

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.25345	0.071226	3.5583	0.00043141
constant	0.0046006	0.0060212	0.76407	0.44540
sigma2	0.010859	0.00086883	12.499	0.00000

Modelo 1B

Strong convergence
Variable dependiente
[0] = FGT0
LogL:

257.20

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.33398	0.063882	5.2282	3.1899e-007
constant	0.44839	0.049725	9.0175	0.00000
dens92	-0.00033215	5.0332e-005	-6.5991	1.8375e-010
nativo	0.22805	0.024308	9.3817	0.00000
clai0	-0.053974	0.030448	-1.7726	0.077290
dep2	-0.075720	0.016661	-4.5447	7.9473e-006
dep3	-0.067508	0.020890	-3.2316	0.0013663
dep8	-0.062715	0.028210	-2.2231	0.026942
dep9	-0.084640	0.032370	-2.6148	0.0093734
sigma2	0.011122	0.00089334	12.450	0.00000

Strong convergence
errores de
[0] = FGT0
LogL:

261.97

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.13334	0.085371	1.5619	0.11933
constant	0.00025156	0.0059210	0.042486	0.96614
sigma2	0.011000	0.00087904	12.514	0.00000

Modelo 2B

Strong convergence
Variable dependiente
[0] = FGT0
LogL:

246.33

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.052718	0.029959	1.7597	0.079462
constant	0.66063	0.025769	25.637	0.00000
dens92	-0.00037252	5.1979e-005	-7.1667	5.8462e-012
nativo	0.27598	0.023316	11.837	0.00000
clai0	-0.089613	0.030990	-2.8917	0.0041080
dep2	-0.095126	0.016985	-5.6006	4.7826e-008
dep3	-0.094635	0.021087	-4.4877	1.0225e-005
dep8	-0.093137	0.028828	-3.2307	0.0013700
dep9	-0.13719	0.031987	-4.2889	2.4147e-005
sigma2	0.012188	0.00097257	12.532	0.00000

Strong convergence
errores de
[0] = FGT0
LogL:

255.19

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.30561	0.070239	4.3510	1.8403e-005
constant	0.0063552	0.0061876	1.0271	0.30517
sigma2	0.011352	0.00090955	12.481	0.00000

Modelo 3A

Strong convergence
Variable dependiente
[0] = E0
LogL:
503.08

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	0.047722	0.047267	1.0096	0.31348
constant	0.22601	0.012251	18.448	0.00000
cla3	-0.035100	0.016171	-2.1706	0.030739
cla11	0.050197	0.013759	3.6483	0.00031084
dep2	-0.082651	0.0094913	-8.7081	2.2204e-016
dep3	-0.050445	0.010037	-5.0260	8.5961e-007
dep4	-0.084948	0.010954	-7.7547	1.3678e-013
dep6	-0.10952	0.016594	-6.6002	1.8425e-010
dep7	-0.028465	0.0096017	-2.9646	0.0032720
dep8	-0.10023	0.013575	-7.3835	1.5101e-012
dep9	-0.12622	0.015013	-8.4074	1.7764e-015
sigma2	0.0023754	0.00018858	12.596	0.00000

Strong convergence
errores de
[0] = E0
LogL:
504.34

	estimate	std desv.	t-stat	p-val
rho	-0.12340	0.079411	-1.5540	0.12120
constant	0.0015792	0.0029195	0.54092	0.58895
sigma2	0.0023520	0.00018681	12.590	0.00000

Procedimientos

Las estimaciones fueron hechas en Ox²⁶, para los modelos SAR:

$$y = \rho W y + X\beta + \varepsilon$$
$$\varepsilon \sim N(0, \sigma^2 I_n)$$

se toma en cuenta el Logaritmo de verosimilitud:

$$\ln L = -(n/2)\ln(2\pi\sigma^2) + \ln|I - \rho W| - \varepsilon' \varepsilon / (2\sigma^2)$$

$$\varepsilon = y - \rho W y - X\beta$$

que es maximizado usando el método BFGS que es un método de Newton modificado, de esta forma obtenemos los estimadores Máximo verosímiles de ρ, β , y σ^2 , en estos estimadores $\theta = (\rho, \beta', \sigma^2)'$ obtenemos la matriz de covarianzas que se estima usando las segundas derivadas de la matriz de información y los aportes de las primeras derivadas es decir la matriz de covarianzas es:

$$V(\hat{\theta}) = V_1(\hat{\theta})V_2(\hat{\theta})V_1(\hat{\theta})$$

donde

$$V_1(\hat{\theta}) = -Q(\hat{\theta}), Q(\hat{\theta}) = \partial^2 \ln L / \partial \theta \partial \theta'$$

$$V_2(\hat{\theta}) = S'S, S[i] = \partial \ln L_i / \partial \theta$$

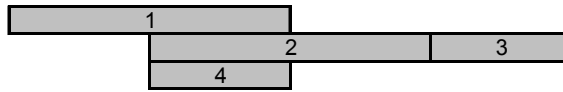
ahora con los errores “e” definidos anteriormente, estimamos el modelo SAR de los residuos, de la siguiente manera.

$$\varepsilon = \alpha - \rho_2 W \varepsilon + u$$

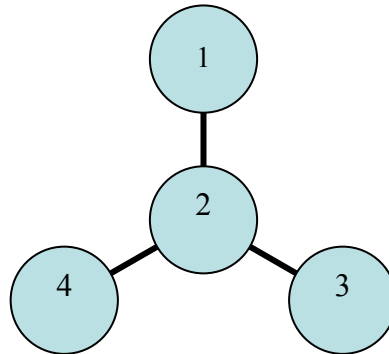
de la misma manera que el modelo SAR original es decir por Máximo verosimilitud utilizando BFGS, y utilizando la matriz de covarianzas consistente definida anteriormente.

En cuanto a las matrices de ponderación W (contigüidad total) y W1 (contigüidad por caminos) fueron obtenidas usando GeoData la primera y la segunda es la primera pos multiplicada por una matriz diagonal de ceros y unos, donde 1 indica acceso a la red fundamental. GeoData construye las matrices de la siguiente forma, si consideramos las relaciones espaciales del tipo:

²⁶ Ox es un lenguaje de programación matricial orientado a objetos con una comprensiva y extensa librería matemática y estadística



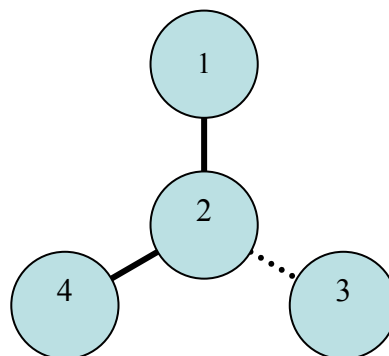
donde 1,2,3,4 son cuatro municipios distintos, entonces tenemos las siguientes relaciones espaciales



así GeoData forma la matriz 4x4 de la forma

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{matrix}$$

así si es el caso de conexiones físicas del tipo



donde la línea continua indica conexión física y la punteada solo conexión de vecindad, la nueva matriz de ponderación será en esta caso del siguiente tipo.

$$\begin{matrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{matrix}$$