

# Factores climáticos asociados al análisis espacial de la pobreza en Bolivia. Datos de corte transversal-2012

María Castro Calisaya

## RESUMEN

La distribución geográfica de la actividad económica en Bolivia, así como el comportamiento de los factores climáticos ha contribuido en las últimas décadas a un desarrollo desequilibrado, lo cual evidencia la existencia de *clusters* de calidad de vida a nivel departamental y municipal. Con los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda 2012, los indicadores de pobreza elaborados por la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas y el Programa Mundial de Alimentos y los registros de temperatura media y nivel de precipitación correspondientes a 156 estaciones meteorológicas, se realiza un análisis espacial que permita presentar evidencia de la relación entre los niveles de pobreza a nivel municipal en Bolivia y las variables climáticas, utilizando técnicas de econometría espacial y sistemas de información geográfica. Los resultados permiten presentar también el nivel de pobreza asociado a factores de cambio climático, considerando los escenarios de los niveles de precipitación y temperatura para los años 2020 y 2050.

**Clasificación JEL:** I32, Q54, C21

**Palabras clave:** Pobreza, Cambio Climático, Econometría Espacial, Sistemas de Información Geográfica.

# FACTORS ASSOCIATED WITH THE CLIMATE SPATIAL ANALYSIS OF POVERTY IN BOLIVIA

CROSS-CUTTING DATA 2012

María Castro Calisaya

## ABSTRACT

The geographical distribution of economic activity in Bolivia, and the behavior of climatic factors has contributed in recent decades to unbalanced development, which demonstrates the existence of *clusters* of quality of life at the departmental and municipal levels. With the results of the National Census of Population and Housing 2012, poverty indicators developed by the Analysis of Social and Economic Policies and the World Food Programme and records average temperature and precipitation level corresponding to 156 weather stations, are performs spatial analysis to present evidence of the relationship between poverty levels at the municipal level in Bolivia and climatic variables, using spatial econometric techniques and geographic information systems. The results allow also present the poverty level factors associated with climate change scenarios considering levels of precipitation and temperature for the years 2020 and 2050.

**JEL Classification:** I32, Q54, C21

**Keywords:** Poverty, Climate Change, Spatial Econometrics, Geographic Information Systems.

## I. Introducción

Generar políticas que permitan un crecimiento económico generalizado y sostenido es una condición primaria para reducir la pobreza en Bolivia. Bolivia desde la década pasada viene desarrollando políticas orientadas a mejorar la calidad de vida de todos los bolivianos, específicamente de aquella parte de la población que se encuentra todavía dentro los estratos de pobreza a nivel municipal.

En el año 2000 Bolivia junto con 188 estados miembros de las Naciones Unidas, firmaron la Declaración del Milenio, donde se comprometían a alcanzar las metas trazadas por los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). El presente trabajo de investigación, se relaciona con el primer ODM, el cual tiene como meta: reducir a la mitad el porcentaje de personas cuyos ingresos sean inferiores a un dólar por día. Consecuentes con alcanzar esta meta el gobierno viene desarrollando políticas sociales, económicas, que tienen como principal beneficiario especialmente a las poblaciones de las áreas rurales, que es donde se concentra los mayores porcentajes de población pobre, y más particularmente en el occidente y parte de los valles de Bolivia.

En Bolivia el Instituto Nacional de Estadísticas, en el año 2012 ha llevado adelante el Censo Nacional de Población y Vivienda, con el objetivo principal de: proporcionar datos estadísticos actualizados sobre las características demográficas, sociales, económicas y condiciones habitacionales existentes en el país que permita ajustar y/o definir, implementar y evaluar planes, programas, proyectos, políticas y estrategias de desarrollo humano sostenible, económico y social en el ámbito nacional sectorial, departamental y municipal. (INE). Los resultados obtenidos en el CNPV-2012, muestran los avances que tiene Bolivia, en cuanto a calidad y condiciones de que tiene la población, donde su principal resultado es que la pobreza todavía aflige a un 48.8% de la población, a nivel general.

En las últimas décadas los trabajos empíricos han manifestado rotundamente a nivel mundial que el cambio climático y el desarrollo están intrínsecamente interrelacionados, es decir que mientras más desarrollo económico alcancen los países, el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero son mayores, lo cual está desestabilizando el sistema climático global, ocasionando que la capacidad de las personas para hacer frente a estos cambios, sea diferente en cada región afectando su capacidad de adaptación. En Bolivia los municipios que se tiene el mayor porcentaje de su población en condiciones de pobreza son más vulnerables

también a los factores climáticos, agudizando la calidad y las condiciones de vida en la que se encuentran.

Bolivia presenta una distribución de la calidad de vida, caracterizada por un patrón de concentración en determinados departamentos y/o municipios, que en las últimas décadas han generado un desarrollo desequilibrado, considerando como algunas de las principales causas la existencia de *clusters* de pobreza, asociado a factores económicos, demográficos, seguridad alimentaria y principalmente a factores climáticos, característicos de cada región.

Por lo mencionado en los párrafos anteriores, el objetivo del presente trabajo de investigación es presentar evidencia respecto al grado de influencia que tienen las variables climáticas, principalmente; temperatura y precipitación, en los niveles de pobreza municipal en Bolivia, para lo cual se presenta una modelación econométrica de la Pobreza, utilizando información de corte transversal respecto indicadores de Pobreza, variables climáticas, variables socioeconómicas y variables geográficas, para el año 2012, aplicando Técnicas de Econometría Espacial y Sistemas de Información Geográfica.

El presente documento se encuentra organizado de la siguiente manera. En el acápite segundo se presenta una revisión somera de la literatura relacionada con pobreza y cambio climático. En el tercer acápite se presenta un análisis de los resultados del Censo Nacional de Población y Vivienda llevada a cabo en año 2012, el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales y el análisis de dependencia espacial de la variable de interés. En cuarto acápite se presenta la modelación econométrica, su interpretación y su representación espacial. En el acápite quinto se presenta los escenarios del nivel de pobreza asociados a cambios en las variables climáticas, considerando fuentes oficiales relacionadas en la temática. Finalmente se presenta las principales conclusiones que están orientadas al incremento de evidencia empírica relacionada con pobreza y cambio climático.

## **II. Revisión de Evidencia Empírica**

En general no hay consenso respecto a la definición de pobreza, existiendo divergencia entre las opiniones de muchos autores e instituciones, sin embargo para los objetivos del trabajo, se presentara algunas conceptualizaciones de diferentes fuentes.

Según el Banco Mundial la pobreza es hambre; es la carencia de protección; es estar enfermo y no tener con qué ir al médico; es no poder asistir a la escuela, no saber leer, no poder hablar correctamente; no tener un trabajo; es tener miedo al futuro, es vivir al día; la pobreza es perder un hijo debido a enfermedades provocadas por el uso de agua contaminada; es impotencia, es carecer de representación y libertad (Banco Mundial, 2000)

De acuerdo con la CEPAL, "La noción de pobreza expresa situaciones de carencia de recursos económicos o de condiciones de vida que la sociedad considera básicos de acuerdo con normas sociales de referencia que reflejan derechos sociales mínimos y objetivos públicos. Estas normas se expresan en términos tanto absolutos como relativos, y son variables en el tiempo y los diferentes espacios nacionales" (CEPAL, 2000)

En términos monetarios la pobreza significa la carencia de ingresos suficientes con respecto al umbral de ingreso absoluto, o línea de pobreza, "que corresponde al costo de una canasta de consumo básico". Relacionada con la línea de pobreza está la línea de indigencia, para la cual el umbral de ingresos apenas alcanza para satisfacer los requerimientos nutricionales básicos de una familia. La conceptualización de la pobreza a partir de los niveles de ingreso no permite explicar el acceso efectivo a los bienes y servicios fundamentales, ni a la capacidad de elección por parte del consumidor y, por lo tanto, "revela sólo parcialmente el impacto de la disponibilidad monetaria sobre el bienestar, aunque se supone que el ingreso permite satisfacer las necesidades fundamentales" (CEPAL, 2000)

Otro enfoque de la pobreza es el de la llamada pobreza humana, propuesto por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). De acuerdo con el PNUD, "el concepto de pobreza humana considera que la falta de ingreso suficiente es un factor importante de privación humana, pero no el único", y que por lo tanto no todo empobrecimiento puede reducirse al ingreso. "Si el ingreso no es la suma total de la vida humana, la falta de ingreso no puede ser la suma total de la privación humana" (PNUD, 2002).

Un enfoque más complejo de pobreza es el que propone el premio Nóbel de Economía, Amartya Sen, para quien la pobreza es ante todo la privación de las capacidades y derechos de las personas. Es decir, en palabras de Sen, se trata de la privación de las libertades fundamentales de que disfruta el individuo "para llevar el tipo de vida que tiene razones para valorar" .Igualmente, "la mejora de la educación básica y de la asistencia sanitaria no sólo

aumenta la calidad de vida directamente sino también la capacidad de una persona para ganar una renta y librarse, asimismo, de la pobreza de renta", por eso, "cuanto mayor sea la cobertura de la educación básica y de la asistencia sanitaria, más probable es que incluso las personas potencialmente pobres tengan más oportunidades de vencer la miseria" (Sen, 2000).

Como puede observar en los párrafos anteriores, la definición de pobreza no es tarea fácil. No obstante, todo parece apuntar a que la pobreza es una categoría multidimensional y por lo tanto no se puede abordar desde un solo ángulo, sino que debe ser planteada como un problema complejo que considera variables económicas, sociales, culturales, morales, políticas y por sobre todo de orden natural, es decir desastres naturales asociados a factores climáticos.

En Bolivia la metodología que más es utilizada para presentar los niveles de pobreza es el de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), la cual es calculada con base en los datos obtenidos por los Censos Nacionales de Población y Vivienda que desarrollando en Instituto Nacional de Estadísticas, resultados que permite elaborar Mapas de Pobreza, considerando los componentes: vivienda, servicios e insumos básicos, educación y salud. Cada hogar se clasifica en el estrato que le corresponda según su NBI alcanzado: Necesidades básicas satisfechas y Umbral de pobreza, corresponden a los no pobres, por consiguiente los estratos de Pobreza moderada, pobreza indigente y pobreza marginalidad agrupan a la población pobre, es decir de la sumatoria de éstos tres últimos, proporciona el porcentaje total de población en condiciones de pobreza.

Las principales instituciones que se dedican realizar este cálculo son: Unidad de Análisis de Política Económica y Unidad de Análisis de Política Social, como institución Coordinadora del Comité Interinstitucional de las Metas de Desarrollo del Milenio. (UDAPE, 2013)

En el presente trabajo de investigación, es de interés presentar el análisis de la estructura de *clusters* a nivel municipal de la información ya presentada como resultados de todo el proceso de cálculo, más no el análisis del proceso de cálculo en sí mismo.

## **II.2. Cambio Climático**

El cambio climático o calentamiento global, se refieren al aumento observado en los últimos siglos de la temperatura media del sistema climático de la Tierra y sus efectos relacionados. Más del 90 % de la energía adicional obtenida desde 1970 se ha almacenado en el sistema

climático ha ido a los océanos; el resto ha derretido hielo y calentado los continentes y la atmósfera. Las posibles respuestas al calentamiento global incluyen la mitigación mediante la reducción de las emisiones, la adaptación a sus efectos, construcción de sistemas resilientes a sus efectos y una posible ingeniería climática futura. (Anderson, 2011)

Los países son parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), tienen como objetivo último prevenir un cambio climático antropogénico peligroso. La CMNUCC ha adoptado una serie de las políticas destinadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y ayudar en la adaptación al calentamiento global. Los países miembros de la CMNUCC han acordado que se requieren grandes reducciones en las emisiones y que el calentamiento global futuro debe limitarse a menos de 2,0 °C con respecto al nivel pre-industrial.

Según el informe de la ONU sobre el Desarrollo Humano (2007), proporciona algunas evidencias de cómo el actual clima y los futuros cambios van a afectar la consecución y la sostenibilidad de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), que están trazadas para el año 2015, principalmente el objetivo relacionado con el de la pobreza y hambre. La situación mencionada se debe principalmente a que los efectos del clima sobre la pobreza siguen siendo poco comprendidos y las estrategias de reducción de la pobreza no apoyan adecuadamente la resiliencia al clima. Asegurar un desarrollo efectivo frente al cambio climático requiere tomar acciones en seis frentes: invertir en una evidencia de base más sólida sobre clima y pobreza; aplicar el aprendizaje acerca de la eficacia del desarrollo a la forma en que abordamos las necesidades de adaptación; apoyar a las políticas y programas integrados derivados desde un nivel nacional; incluir a los pobres más vulnerables al clima en las estrategias de desarrollo e identificar cómo las estrategias de mitigación también pueden reducir la pobreza y permitir la adaptación.

En la medida que los países y comunidades no se puedan adaptar efectivamente al cambio climático, la reducción de la pobreza se hará cada vez más difícil y los existentes “déficits” de adaptación podrían ampliarse a significativas “brechas” de adaptación. Se debe dejar de lado la diferencia artificial creada entre adaptación y desarrollo en las áreas de política y negociaciones, e invertir en resiliencia frente al clima, de tal manera que permita identificar e implementar instrumentos de política que puedan contrarrestar efectivamente los impactos del cambio climático en la reducción de la pobreza. (PNUD, 2007)

Es por lo cual que muchos de los gobiernos de países en desarrollo, entre los cuales se encuentra Bolivia, enmarcan sus políticas y programas para el desarrollo dentro de una estrategia de reducción de pobreza, asociada a los efectos de cambio climático. Por lo cual en muchas investigaciones sobre el tema en Bolivia, se está presentando resultados, respecto a evidencias de cómo el cambio climático afectará las diferentes estrategias de reducción de la pobreza. Los resultados que se presentan, por lo general muestran como los factores de cambio climático, terminan obstaculizando la reducción de la pobreza, particularmente en áreas con escasa capacidad de adaptación, donde incluso podrían incrementar los niveles de pobreza.

### **II.3. Cambio Climático y Pobreza**

En Bolivia son muy escasos los trabajos de investigación que presentan estimaciones concretas sobre el grado de influencia del cambio climático en los niveles de pobreza en las cuales se encuentran aproximadamente cuatro de cada diez bolivianos.

Las variables que por lo general son asociadas a las variables climáticas, son el crecimiento económico, medido a través del producto interno bruto y del sector agricultura, principalmente, analizada a nivel de regiones en Bolivia. Sin embargo, en los párrafos siguientes se presenta los trabajos desarrollados, tomando en cuenta estas variables: cambio climático y pobreza. (Andersen, Mamani, 2009)

Primeramente los impactos que el cambio climático puede o no tener en la economía han sido ampliamente analizados en muchos trabajos tanto a nivel nacional como internacional. Por otro lado, al momento de hablar de cambio climático, al sector que más se relaciona, es la agricultura, seguido de variables relacionadas con las condiciones socioeconómicas de la población. Sin embargo, son aun pocos los trabajos que relacionan el cambio climático con la distribución del ingreso o la pobreza, nivel Latinoamérica, y específicamente en Bolivia. En nuestro país los trabajos se circunscriben al análisis aislado de la pobreza, tomando en cuenta la metodología de Necesidades Básicas Insatisfechas y/o Línea de Pobreza, pero sin considerar algunas variables que podrían ser influyentes o en algunos casos determinantes de este problema social, considerando modelación econométrica, para realizar dicho análisis.

De acuerdo con (Andersen y Verner, 2010), aparte de la relación entre el clima y el ingreso promedio, existen otros argumentos para sugerir que los pobres enfrentan las consecuencias



más graves del cambio climático que los ricos. Por ejemplo, la población rural pobre tiene más probabilidades de depender de la agricultura, actividad cuya productividad es sensible a las variaciones en las precipitaciones y temperaturas. Así mismo, los pobres tienen más probabilidades de vivir en tierras marginales, que son vulnerables a las sequías, las inundaciones, deslaves y otros desastres naturales. De esta manera, si el cambio climático afecta más a los países pobres que a los ricos, implicaría que la pobreza y la desigualdad aumentaría como consecuencia del cambio climático y la variabilidad.

Otro trabajo de investigación de Bolivia es el de Andersen y Verner (2010), que utilizan datos de sección cruzada a nivel municipal (o distrital) para simular los impactos del cambio climático en la pobreza y la desigualdad en cada uno de cinco países latinoamericanos (Bolivia, Brasil, Chile, México y Perú). El análisis se realiza tomando como base la propuesta de Horowitz (2009). En un primer paso estiman econométricamente (para cada país) la relación que existe entre precipitación y temperatura y el ingreso per cápita (consumo per cápita para el caso de Bolivia). Los resultados de las regresiones se utilizan para calcular los ingresos (consumos) predichos para cada municipio (distrito) en cada país utilizando la temperatura y precipitación actual. Después el cálculo se repite pero utilizando una proyección de la temperatura y precipitación que se tendría en 50 años dado un escenario específico de cambio climático. De esta forma los autores pueden calcular, para cada país, los cambios esperados en el ingreso (consumo) per cápita debido al cambio climático. Tomando en cuenta las poblaciones de cada municipio (distrito) y los resultados de sus simulaciones, los autores llegan a las siguientes conclusiones: en Bolivia la pobreza y la desigualdad disminuyen, en Brasil la pobreza y la desigualdad aumentan, en Chile la pobreza aumenta y la desigualdad no se ve afectada, en México no existen impactos, y en Perú la pobreza aumenta pero la desigualdad no cambia. Es importante destacar que las conclusiones sobre pobreza y desigualdad no se basan en mediciones directas de dichos fenómenos sino en comparaciones del ingreso actual y el cambio esperado en dicho ingreso a causa del cambio climático.

Los resultados de impacto que se obtuvieron en México merecen una consideración especial. En la estimación econométrica la relación entre temperatura e ingreso resulta ser no significativa (lo mismo es cierto para la relación entre precipitación e ingreso) por lo que los autores concluyen que el ingreso per cápita en México probablemente no sea muy sensible al cambio climático (sin considerar la ocurrencia de eventos extremos). Estos resultados no son consistentes con lo que otros autores encuentran. En específico, en los trabajos que se realizaron tomando como base la Encuesta Nacional de Hogares Rurales de México (ENHRUM)

y aplicando el modelo Ricardiano encuentran pérdidas en el valor de la tierra agrícola de entre 42 y 52 por ciento a causa del cambio climático. Por su parte Galindo (2009) menciona que el cambio climático tendrá impactos significativos en la economía mexicana. Como explicación de su resultado Andersen y Verner (2010) mencionan que en México los pobres y los ricos se encuentran distribuidos de manera uniforme a lo largo de todas las zonas climáticas.

Tomando en cuenta todos resultados que se obtuvieron en investigaciones desarrolladas con datos de Bolivia entre otros, considerando la información de los estratos de pobreza que se tiene en Bolivia a nivel municipal, ésta permite llevar adelante el análisis de la pobreza (porcentaje de población pobre) con un enfoque espacial, asociado a variables climáticas, temperatura y precipitación, principalmente.

#### **II.4. Economía Regional y Econometría Espacial**

La Economía Regional estudia los procesos económicos a nivel espacial y trata de conocer la estructura económica a escala regional o territorial, aplicando las diferentes técnicas. Por tanto la economía regional es el “estudio del comportamiento económico del hombre en el espacio”, la cual analiza, los procesos económicos a nivel espacial. (Herrera, 2015)

Tradicionalmente la ciencia regional y los estudios econométricos convencionales analizaban las unidades espaciales (municipios, estados, capitales) como islas aisladas o independientes, asumiendo implícitamente que los valores de una unidad y otra son independientes de su posición geográfica. Por lo tanto se considera que la relación entre características de dos unidades que tienen límites territoriales entre si, sea mayor que la de dos unidades que se encuentran distanciadas. Comprobar esta hipótesis es precisamente el objeto de estudio de la econometría espacial. (Aroca, 2000)

Uno de los elementos fundamentales de la econometría espacial es su forma de utilizar la información geográfica contenida en las observaciones de procesos que ocurren espacialmente. En este sentido, muchos de las técnicas desarrolladas en la geo-estadística y la estadística espacial han sido adaptados para capturar los efectos espaciales en la estimación de modelos económicos. Por otro lado, en las características geográficas que contienen los datos puede haber información importante sobre localización, interacción espacial, externalidades, procesos de difusión, que pueden causar problemas de sesgos e ineficiencias en las estimaciones de modelos econométricos.

La principal característica de los datos geo-referenciados es que están asociados con una localización y por lo tanto se pueden visualizar en un mapa. En este espacio, los datos representan objetos que pueden ser puntos como ciudades, almacenes, crímenes o accidentes y que están referenciados por coordenadas en el plano. También los datos pueden ser líneas o arcos desde un nodo a otro simulando carreteras o líneas de transmisiones eléctricas o telefónicas, o podrían ser polígonos que podrían representar municipios, provincias, regiones o estados. Los sistemas de información geográficos (GIS) compilan las observaciones en estos tipos de objeto y son de mucha utilidad cuando se interrelacionan con herramientas de econometría espacial (por ejemplo Arcgis y Stata). (Morales, Moreno y Boada, 2000)

La información obtenida para uso de la ciencia regional posee características que provienen de su ubicación geográfica. Esta información posee características que constituyen los denominados efectos espaciales, los cuales pueden ser divididos en dos tipos: heterogeneidad espacial y la dependencia espacial.(Vaya y Moreno, 2000)

El primer efecto, la heterogeneidad espacial, surge cuando se utilizan datos de unidades espaciales muy distintas para explicar un mismo fenómeno. En tal caso, aparecen problemas como la heteroscedasticidad o la inestabilidad estructural, los cuales pueden ser resueltos mediante las técnicas econométricas ya existentes para series temporales. La dependencia o autocorrelación espacial surge cuando el valor de una variable en un lugar del espacio está relacionado con su valor en otro u otros lugares del espacio. No obstante, y a diferencia de lo ocurrido con la heterogeneidad espacial, la dependencia espacial no puede ser tratada por la econometría estándar, requiriendo un tratamiento específico. Ello es debido a la multidireccionalidad que domina las relaciones de interdependencia entre unidades espaciales. (Vaya y Moreno, 2000)

Antes de comenzar describiendo cualquier método estadístico de análisis de datos espaciales es necesario definir qué se entiende por datos espaciales. Un dato espacial puede ser definido como la observación de una variable asociada a una localización del espacio geográfico. Por tanto cuando se tienen observaciones georreferenciadas, se deben utilizar herramientas que permitan detectar ciertas características dentro de los datos, como son tendencia, valores atípicos, esquemas de asociación y dependencia espacial, concentración espacial o puntos calientes/fríos, entre otros. (Acevedo, Velasquez, 2008)

Los métodos que permiten extraer dichas características de los datos georreferenciados se conocen con el nombre de análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) y se conciben como una disciplina dentro del análisis estadístico más general, diseñada para el tratamiento específico de los datos geográficos. Por tanto el objetivo principal del análisis exploratorio de datos espaciales está relacionado con la identificación de alteraciones locales o tendencias generales, ya sea en los datos o en las relaciones. El Análisis Exploratorio de Datos Espaciales debe ser la etapa inicial de cualquier estudio econométrico que involucre datos georeferenciados. (Nicolas, Mariel, Baronio, 2000)

Finalmente, si no consideramos la dependencia espacial en la modelización econométrica es muy probable que tanto el ajuste, la inferencia y los contrastes de hipótesis no sean fiables, y según la naturaleza de dicha autocorrelación las estimaciones del modelo serán sesgadas, inconsistentes o ineficientes, por tanto la técnica más aplicada para identificar la interacción multidireccional de los datos es mediante el uso de las denominadas matrices de contacto o contigüidad.

Se denomina matriz de contigüidad o de contacto a  $W$ , donde tanto cada una de las filas como de las columnas representa una región en el espacio objeto de estudio. Esta matriz representa la relación que tiene cada una de las regiones con las demás regiones del espacio en estudio, tal como se vería en un mapa. Existen una infinidad de formas en que la matriz de contigüidad puede ser construida, la más sencilla es utilizando notación binaria, donde 1 representa la presencia de contigüidad espacial entre dos unidades y 0 la ausencia de contigüidad. (Gomes de Antonio, 2000)

Esta matriz de contigüidad tiene ceros en la diagonal principal porque se asume que una región (municipio) no puede ser vecino consigo mismo. Adicionalmente, en la práctica esta matriz se estandariza por filas, es decir, se divide cada componente de la fila de la matriz por la suma de todos los elementos de esa fila de modo que la suma de cada fila es igual a uno, siendo esta forma muy útil para crear el retardo espacial.

Entre las medidas de diagnóstico de autocorrelación o dependencia espacial disponibles están los estadísticos de conteo conjunto, el índice  $I$  de Moran y el índice  $C$  de Geary, entre otros, las cuales ayudan a detectar si entre las unidades espaciales hay o no autocorrelación espacial. Sin embargo, la herramienta más utilizada con este fin es el índice  $I$  de Moran, el cual es una adaptación de una medida de correlación no espacial a un contexto espacial y se aplica

normalmente a unidades espaciales donde hay disponibilidad de información en forma de razones o intervalos. Una de las especificaciones más utilizadas es:

$$I = \frac{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij} z_i z_j}{\sum_i^n z_i^2} \quad (1)$$

Donde n es el número de unidades geográficas,  $w_{ij}$  son los elementos de una matriz binaria de contigüidad estandarizada de  $n \times n$  (W) y z son las desviaciones respecto a la media. Cuando el I de Moran toma valores cercanos a 1 se puede decir que la variable presenta una fuerte dependencia espacial positiva, en el sentido que valores similares tienden a estar juntos en el espacio. Los valores cercanos a -1 muestran, análogamente, una fuerte dependencia negativa (valores disímiles próximos unos de otros) y los valores iguales a cero indica un patrón espacial aleatoria. Respecto a la distribución del estadístico, cuando el tamaño muestral es suficientemente grande, la I de Moran estandarizada, sigue una distribución asintótica normal estándar. En este caso, un valor no significativo de Moran estandarizada, llevará a no rechazar la hipótesis nula de no autocorrelación espacial, mientras que un valor significativo positivo (negativo) del mismo informará acerca de la presencia de un esquema de autocorrelación espacial positivo (negativo). (Aroca, 2000)

Por otro lado se tiene al estadístico definido como Getis y Ord, como una medida de la concentración espacial de una variable x, presenta la siguiente expresión:

$$G(d) = \frac{\sum_i^n \sum_j^n w_{ij}(d) x_i x_j}{\sum_i^n \sum_j^n x_i x_j} \quad i \neq j \quad (2)$$

donde dos pares de regiones i y j son consideradas vecinas siempre que se encuentren dentro de una distancia "d" determinada, tomando, en este caso,  $w_{ij}(d)$  un valor igual a 1, o 0 en caso contrario. En este caso, la hipótesis nula asociada al estadístico (G) es la ausencia de asociación espacial, mientras que un valor positivo (negativo) y significativo indica la existencia de una tendencia a la concentración de valores elevados (bajos) de x en el espacio analizado. De esta forma, el cálculo de la I de Moran no excluye el cálculo de la G dado que ambos estadísticos suministran informaciones complementarias.

Una vez que se han realizado las etapas del proceso de análisis exploratorio de los datos espaciales, el análisis de dependencia espacial, se procede con la interacción espacial, mediante las técnicas econométricas. La modelización requiere establecer algún tipo de estructura sobre la forma de la interacción entre las unidades del proceso, generando diferentes tipos de modelos en la estimación de modelos de regresión, y entre los más utilizados se tiene, los modelos espaciales autorregresivos y modelos espaciales de errores autocorrelacionados. (Vaya, Moreno, 2002)

El modelo de retardo espacial es llamado también modelo de contagio o comunicación, ya que este modelo recoge la estructura de dependencia espacial del proceso, mediante la inclusión de un retardo espacial de la variable dependiente como variable explicativa.

$$Y = \lambda WY + X\beta + e \quad (3)$$

$$e \approx N(0, \sigma^2 I)$$

Donde Y es un vector columna  $n \times 1$ , X es una matriz  $k \times n$  que recoge variables explicativas, W es la matriz de conexiones  $n \times n$  que define la estructura de vecindades y WY es el retardo de la variable explicativa,  $\lambda$  es el parámetro que determina la existencia de dependencia espacial, positiva o negativa y e corresponde al término de perturbación que se asume tiene un proceso de ruido blanco. Este modelo se define como modelo de comunicación o contagio, ya que la variable objeto de análisis en cada unidad geográfica está influenciada no solo por sus factores propios, sino también por factores de las unidades geográficas con los cuales interactúa, o que son sus vecinos.

Por otro lado se tiene el modelo de error espacial, el cual incorpora la estructura de dependencia espacial en el término de perturbación del modelo, como se presenta en la siguiente ecuación:

$$Y = X\beta + u \quad (4)$$

$$u = \rho Wu + e \quad (5)$$

$$e \approx N(0, \sigma^2 I)$$

Como en el caso anterior Y es un vector columna  $n \times 1$ , X es una matriz  $k \times n$  que recoge variables explicativas, W es la matriz de conexiones  $n \times n$  que define la estructura de vecindades y  $\rho$  es el parámetro que determina la existencia de dependencia espacial, positiva o negativa.

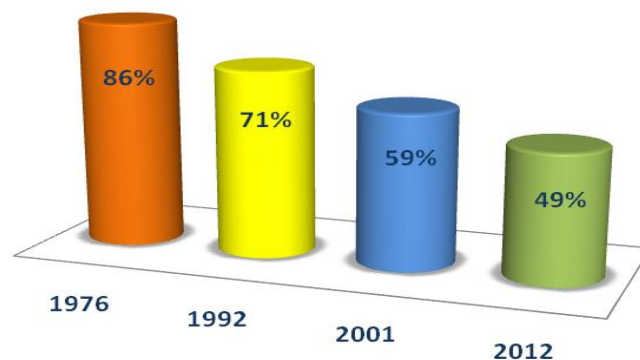
Desde un punto de vista teórico es preferible aplicar un modelo autoregresivo, es decir un Modelo de Retardo Espacial, ya que modeliza la dependencia espacial en la variable dependiente, mientras que los Modelos de Error Espacial, modelizan la dependencia espacial en los residuos, pudiendo estar éstos sesgados por otros motivos que no tienen por qué coincidir con el fenómeno de la dependencia espacial. Por otro lado, en el plano empírico se aplica un conjunto de test con el objetivo de determinar cuál de los dos modelos es el que se ajusta mejor a la estructura de los datos espaciales que son objeto de análisis.

Al momento de la interpretación de los resultados, es importante la identificación de las unidades muestrales, que permitan aprovechar en mayor medida los coeficientes estimados, de tal manera que permita el análisis de lo que ocurre en esa unidad territorial y en qué medida influyen los datos de las unidades vecinas.

### III. La Pobreza en Bolivia

En Bolivia los resultados de los procesos censales llevados a cabo para la medición de la pobreza mediante la metodología de las Necesidades Básicas Insatisfechas, muestran una reducción de los hogares que no logran cubrir algunas necesidades, tomando en cuenta los componentes de vivienda, servicios básicos, educación y salud. Como se observa en el gráfico siguiente, el Censo desarrollado en el año 1976 presentaba como resultado que el 86% de la población se encontraba en condiciones de pobreza. Para el periodo censal del año 1992 la condición de pobreza en Bolivia disminuye en 15%, ya que los resultados del censo muestran que el nivel de pobreza es de 71%. Para el año 2001 aproximadamente el 60% de la población de Bolivia aun no lograba salir de su estado de pobreza, como lo muestra el proceso censal de ese año.

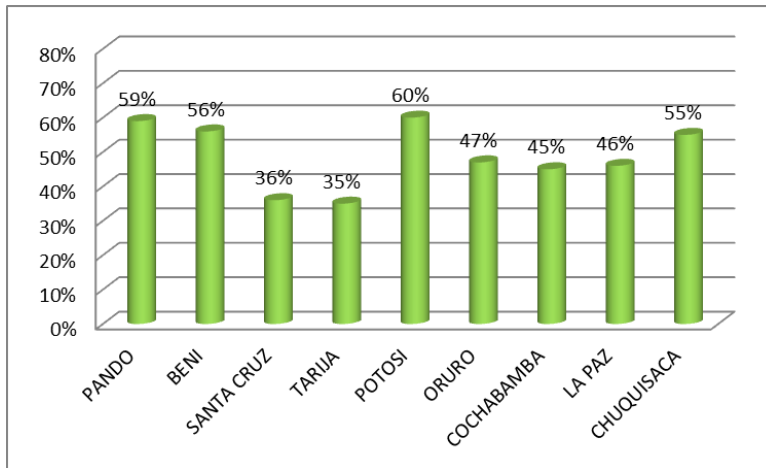
**Gráfico N° 1: NIVEL DE POBREZA POR PROCESO CENSAL**



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas

El último Censo Nacional de Población y Vivienda que se ha desarrollado en la gestión 2012, presenta como resultado que el nivel de pobreza se encuentra alrededor de 48.8%, es decir que en nuestro país aproximadamente cinco de cada diez personas se encuentra en condiciones de pobreza. En el siguiente cuadro se presenta los porcentajes de población pobre por departamento según el CNPV-2012.

**Gráfico N° 2: POBLACION POBRE POR DEPARTAMENTO 2012**



Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas-Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales 2012

En el Gráfico N° 2 se observa que únicamente los departamentos de Santa Cruz y Tarija se encuentran con población pobre por debajo de la media nacional, con 36% y 35% de población considerada en condiciones de pobreza, respectivamente. Los departamentos de Pando, Beni, Potosí y Chuquisaca, tienen más de 50% de su población en condiciones de pobreza.

La metodología de Necesidades Básicas Insatisfechas, permite la construcción de cinco estratos o condición de pobreza, la cual permite determinar la cantidad de población que se encuentra en cada uno, tomando en cuenta parámetros relacionado con vivienda, servicios básicos, salud y educación, principalmente. Según los resultados del CNPV-2012, los mayores porcentajes de población pobre se encuentran en el estrato Moderado, respecto a los estratos Indigente y Marginal, que sumados los tres estratos representan el total de población Pobre.



**Cuadro Nº 1: PORCENTAJE DE POBLACION POR ESTRATO DE POBREZA SEGÚN DEPARTAMENTO**

DEPARTAMENTO	NECESIDADES BASICAS SATISFECHAS	UMBRAL DE LA POBREZA	POBREZA MODERADA	POBREZA INDIGENTE	POBREZA MARGINAL	PORCENTAJE DE POBLACION POBRE
PANDO	14.4	26.7	47.0	11.2	0.6	58.8
BENI	16.0	27.5	45.9	9.5	1.0	56.4
SANTA CRUZ	28.1	36.4	31.7	3.7	0.1	35.5
TARIJA	27.9	37.5	31.3	3.2	0.1	34.6
POTOSI	17.1	23.2	40.9	17.8	1.1	59.8
ORURO	25.5	27.6	34.4	12.1	0.5	47.0
COCHABAMBA	25.9	28.7	35.2	9.7	0.5	45.4
LA PAZ	26.5	27.2	35.3	10.6	0.4	46.3
CHUQUISACA	21.9	23.5	38.2	15.6	0.7	54.5

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas-Unidad de Análisis de Políticas Económicas y Sociales 2012

En el cuadro se presenta los resultados de los cinco estratos para cada departamento, donde se considera a la población no pobre a los que se encuentran en los estratos de Necesidades Básicas Satisfechas y Umbral de Pobreza y a la población pobre los que se encuentran en los estratos de Pobreza Moderada, Pobreza Indigente y Pobreza Marginal. Por tanto el porcentaje de la población pobre en Bolivia es la sumatoria de éstos tres últimos.

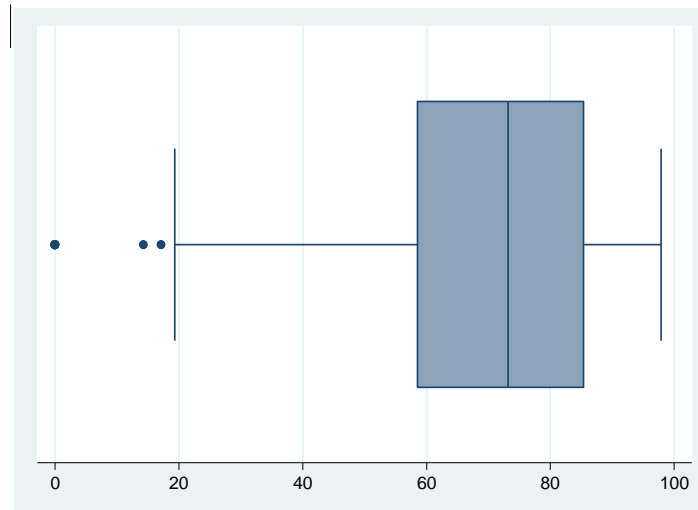
En Bolivia en promedio el 38% de la población se encuentra en el estrato de pobreza moderada, es decir que esta porcentaje de población se encuentra ligeramente por debajo de los parámetros definidos por la NBI y el 28% de la población viven tienen condiciones de vida aceptables. Por otro lado los departamentos de Potosí, Oruro y Chuquisaca tienen los más altos porcentajes de su población en pobreza indigente, es decir es la población que vive con un ingreso inferior a una canasta básica de alimentos. En resumen dos de los nueve departamentos de Bolivia (Tarija y Santa Cruz) tienen los menores porcentajes de su población en condiciones de pobreza, como se observa en el cuadro anterior.

### III.1. Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

El análisis exploratorio que se presenta tiene como variable principal el porcentaje de población pobre, misma que es resultado de la sumatoria de los estratos de pobreza moderada, pobreza indigente y pobreza marginal. Sin embargo se presenta también el análisis exploratorio de los tres estratos, de tal manera que permita la visualización de los primeros indicios de correlación y/o dependencia espacial a nivel municipal.

Para el análisis exploratorio de los datos espaciales, se presenta mapas de quintiles y diagramas de cajas, respectivamente. Los diagramas de cajas permiten visualizar los datos extremos o atípicos y los mapas de quintiles dividen la muestra en cinco partes iguales y presentan los municipios que se encuentran en cada quintil.

**Gráfico N° 3: DIAGRAMA DE CAJAS NIVEL DE POBREZA 2012**

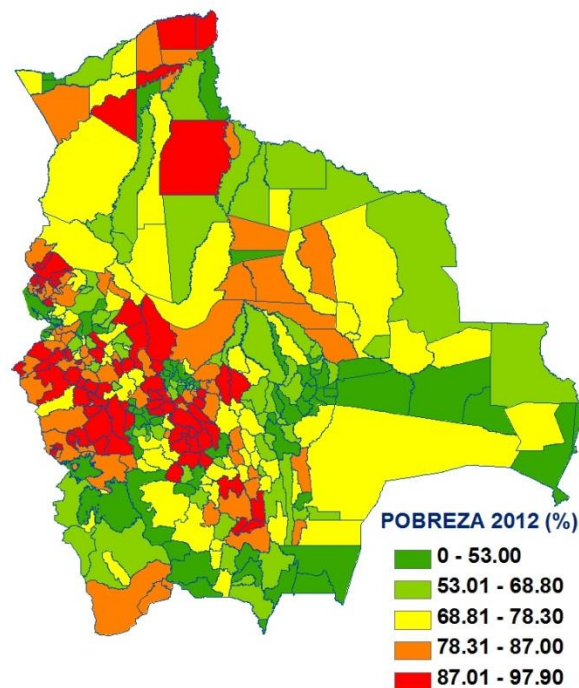


Fuente: Elaboración propia en base a datos de GEOBOLIVIA-INE-UDAPE-2012

Considerando que la variable de interés en el trabajo de investigación es el porcentaje de población pobre, en el diagrama de caja se observa que existen tres municipios con valores extremos por debajo del 25% respecto del total de la muestra. El 25% de los municipios que tienen menores porcentajes de población en condiciones de pobreza, están menos concentrados que el 25% de los municipios que tienen niveles de pobreza elevados.

Como se observa en el mapa siguiente, en Bolivia algunos municipios tienen niveles de pobreza cercanos al 100% de su población. Se evidencia la presencia de *clusters* de pobreza, principalmente en municipios de los departamentos de La Paz, Oruro y Cochabamba, principalmente, representados por los colores naranja y rojo, respectivamente, con niveles de pobreza de la población entre 78% y 98% en cada municipio.

Mapa N° 1: DISTRIBUCION POR QUINTILES NIVEL DE POBREZA 2012



Fuente: Elaboración propia en base a datos de GEOBOLIVIA-INE-UDAPE-2012

Existe concentración de población pobre a nivel municipal en todos los departamentos, con mayor o menor presencia, pero es evidente el predominio en el occidente y valle de nuestro país, donde se encuentran por lo general a los municipios del cuarto y quinto quintil.

### III.2. Análisis de Dependencia Espacial

Una vez que se ha presentado mediante el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, los primeros indicios de la presencia de *clusters* de pobreza en Bolivia, es necesario identificar esquemas de dependencia, basados en el coeficiente de correlación de *Pearson* especializado, a través de la construcción de una matriz de pesos que establecerá las conexiones bajo una estructura de vecindades, de tal manera que permita la cuantificación de los patrones espaciales de dependencia en la unidad de análisis, es decir los datos de pobreza a nivel municipal.

En el presente trabajo, la matriz de pesos espaciales, está estructurada tomando en cuenta el criterio de contigüidad *reina*, que establece que será vecino del municipio de interés todos aquellos municipios comparten algún vértice o lado. Por tanto se considera una matriz de cinco vecinos más cercanos en promedio, estandarizada por fila.

Después de definir la matriz de pesos espaciales, se procede a determinar la presencia de dependencia espacial, a través del estadístico I de Moran, que como se sabe, cuando éste estadístico toma un valor positivo, existe autocorrelación positiva, indicando que los valores de cada municipio y sus vecinos se asemejan, y por otro lado si asume un valor negativo, implica autocorrelación negativa, por tanto el valor del municipio j es alto cuando la el valor del municipio i es bajo.

En el siguiente cuadro se presenta los resultados de los estadísticos I de Moran, Geary's C y Getis&Ord's C, todas para un contraste de hipótesis nula de ausencia de correlación espacial, es decir que los datos de pobreza tiene un comportamiento aleatorio a nivel municipal.

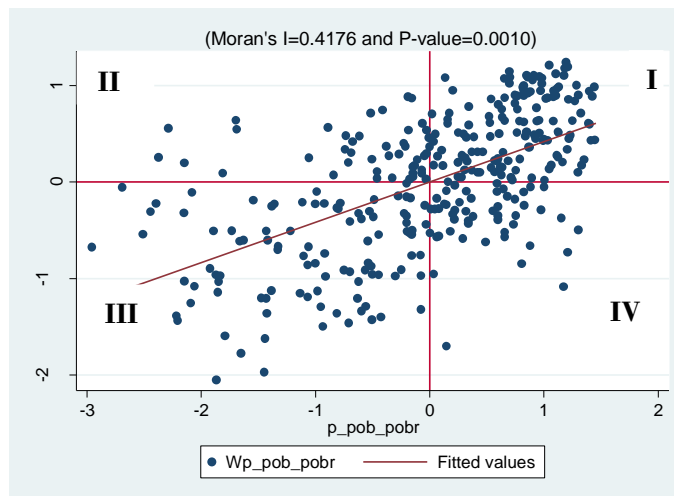
**Cuadro Nº 2: ESTADISTICOS DE DEPENDENCIA ESPACIAL**

	ESTADÍSTICO	VALOR	E(I)	sd(T)	z
PORCENTAJE POBLACION POBRE	I-Moran	0.418	-0.003	0.032	13.211
	Geary's C	0.609	1.000	0.034	-11.363
	Getis & Ord's G	0.015	0.015	0.000	3.205

Como se observa en el cuadro anterior, los resultados de las pruebas, muestran con base en los valores z, que la variable nivel de pobreza global, posee autocorrelación positiva, altamente significativas al 1%, rechazando de esta manera la existencia de una distribución aleatoria de los valores de pobreza en Bolivia. Que la variable porcentaje de población pobre, presente autocorrelación positiva, significa que los municipios con niveles de pobreza elevada están localizadas junto a municipios con altos porcentajes de población en condiciones de pobreza y que a su vez los municipios con niveles de pobreza bajos también se sitúan junto a municipios con menor población que se encuentran en los estratos que definen la pobreza.

Respecto al índice local Geary's C, se observa que confirma la presencia de autocorrelación espacial positiva en los niveles de pobreza, según estrato en Bolivia para el periodo 2012, al reportar valores entre 0 y 1, es decir los niveles de pobreza no se determinada únicamente en cada municipio, sino por el contrario las condiciones en las que vive su población está influenciada por los niveles de pobreza de los municipios vecinos.

Gráfico N° 4: DIAGRAMA DE MORAN-NIVEL DE POBREZA BOLIVIA 2012



Es importante también el análisis de los diagramas de dispersión de Moran, que presenta la relación de cada variable con su rezago espacial, analizado en cuatro cuadrantes. La variable de interés presenta en el diagrama de Moran una elevada concentración en el primer cuadrante principalmente, no siendo despreciable las cantidades de municipios en los demás cuadrantes. En el cuadrante I se encuentran los municipios que tienen elevados niveles de pobreza, es decir por encima de la media, rodeada significativamente por municipios vecinos que también se encuentran con niveles de pobreza superior al promedio. En el cuadrante II por otro lado, se encuentran los municipios que tienen bajos niveles de pobreza, rodeados de municipios que tienen porcentajes de población pobre superiores a la media. Por otro lado los cuadrantes I y III corresponden a las formas positivas de autocorrelación espacial. Aproximadamente del total de la muestra el 47% de los municipios se encuentran en el primer cuadrante y el 26% de los municipios en el tercer cuadrante, lo cual permite presentar mayor evidencia que existe *clusters* de calidad de vida en Bolivia considerando los datos del CNPV-2012.

#### IV. Modelamiento Espacial de la Pobreza en Bolivia

Considerando que el objetivo del presente trabajo es presentar evidencia respecto al grado de influencia que tienen los factores climáticos (temperatura y precipitación) en el nivel de pobreza en Bolivia, teniendo como indicador de éste último al porcentaje de población pobre (pobreza moderada, pobreza indigente y pobreza marginal).

Como se menciona en el acápite de la revisión de literatura, existen dos modelos econométricos que permiten estimar parámetros con estructura espacial, es decir que consideran dentro su

formulación datos georeferenciados. Por tanto estos modelos muestran que el nivel de pobreza de cada municipio no solo está influenciado por factores del propio municipio sino también por factores de los municipios vecinos con los cuales interactúa.

## **IV.2. Hipótesis de Comportamiento**

En las últimas décadas, el fenómeno de cambio climático, ha sido el punto central, en reuniones a nivel nacional e internacional, comprometiendo a presidentes de todos los países a generar estrategias orientadas a la investigación, adaptación y resiliencia, del impacto del cambio climático en variables económicas y sociales fundamentalmente.

La variación que los factores climáticos está ocasionando es que la población pobre tengan menos posibilidades para salir del estado de pobreza en la que se encuentra, por tanto es necesario evidencia más científica sobre cómo el clima influye en los niveles de pobreza en Bolivia, de tal manera que permita una adaptación efectiva de los sectores pobres más vulnerables ante escenarios de cambio en los factores climáticos, como ser temperaturas y nivel de precipitación, principalmente. Sin embargo es necesario mencionar que los resultados que se pudieran obtener, respecto a cada variable, debieran considerarse como aproximaciones a la realidad y no necesariamente como causa y efecto en forma directa, en particular los asociados a la variable temperatura media.

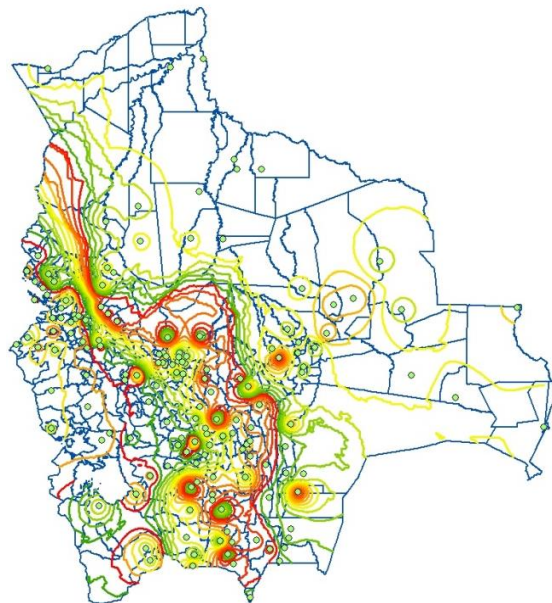
Otro aspecto importante que se encuentra relacionado con el cambio climático, es el efecto que éste tiene y tendrá en los niveles de producción agrícola y pecuaria, sectores que están estrechamente relacionados con la seguridad alimentaria en todos los países. En Bolivia los Ministerios relacionados con el desarrollo agropecuario han trabajado en el Análisis y Mapeo de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria, desarrollado con la cooperación de la Unión Europea y el Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas. Considerando que la información que proporciona esta variable es importante, y se encuentra estrechamente relacionado con la pobreza, se toma en cuenta como variable explicativa para el modelo econométrico, que permitirá analizar la pobreza en Bolivia.

Por todo lo mencionado en párrafos anteriores, la hipótesis que se plantea es, *“el nivel pobreza en Bolivia se encuentra influenciada por factores climáticos, específicamente se considera temperatura media y nivel de precipitación”*.

La caracterización de la variable dependiente, nivel de pobreza, se presenta en el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, por tanto previo a la especificación del modelo aplicado se presenta el análisis de las variables climáticas, tomando en cuenta que son las variables que se considera influyen en el nivel de pobreza.

En los siguientes mapas se presenta las líneas de temperatura y nivel de precipitación de Bolivia, ambos registros obtenidos de 156 estaciones meteorológicas que se encontraban en funcionamiento la gestión 2012 y las cuales presentan los registros de las dos variables, de tal manera que permita observar su comportamiento en el año considerado, tomando en cuenta una representación aproximada por departamento y en algunos casos a nivel municipal.

**Mapa N° 2: TEMPERATURA MEDIA “ISOTERMA” BOLIVIA 2012**



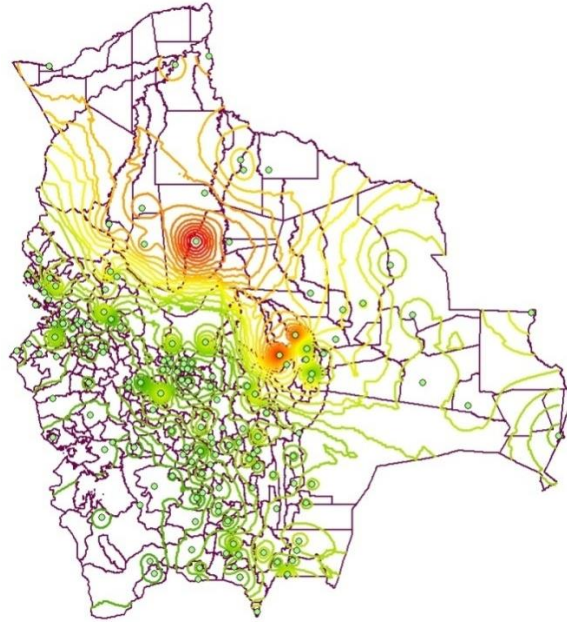
FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología 2012

Los registros de *temperatura media* correspondiente a 156 estaciones meteorológicas de la gestión 2012 expresada en grados centígrados, donde el registro mínimo es 3 °C y la temperatura máxima es 33.3 °C. La temperatura media muestra que los máximos registros se encuentran principalmente en los departamentos de Pando, Beni, Santa Cruz y parte de Tarija; y las temperaturas medias mínimas en los departamentos de La Paz, Oruro y Potosí, principalmente.

El mapa de temperatura, (isoterma) muestra las líneas que presentan un mismo nivel de temperatura media, en particular se observa que existen municipios de Cochabamba,

Chuquisaca y Tarija que presentan elevadas temperaturas, formando zonas cálidas, aptas para la producción agrícola y esto asociado a un nivel de elevación bajo respecto al nivel del mar. Sin embargo, también es posible evidenciar que hay municipios con temperaturas mínimas, pero que se encuentran rodeados de municipios que tienen registros de temperatura por encima del promedio para el año 2012, en particular.

**Mapa N° 3: PRECIPITACION ANUAL “ ISOYETA” BOLIVIA 2012**



FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología 2012

El nivel de precipitación se encuentra expresado en litros por metro cuadrado, con una media de 794.24 mm, un mayor registro de 2689 mm y un menor de 58.6 mm. Se observa también que los datos mínimos de precipitación se encuentran principalmente en el occidente de nuestro país. El mapa de isoyeta presenta información importante, ya que se puede observar que existe zonas donde el nivel de precipitación es mayor, a saber: municipios del departamento de Beni y parte de Santa Cruz. En los departamentos de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca y Tarija, se observa los menores niveles de precipitación, fenómeno que no permite la producción agrícola en su capacidad y calidad máxima, situación que se encuentra asociado con la generación de ingresos principalmente.



### IV.3 Especificación del Modelo Econométrico

Considerando la hipótesis planteada y dadas las características de los datos se presenta la relación principal, donde se muestra el objetivo del presente trabajo de investigación:

$$\text{Nivel de pobreza} = f(\text{temperatura media}, \text{nivel de precipitación})$$

Donde se asume en términos espaciales que el nivel de pobreza del municipio  $i$  que se encuentra relacionado con el nivel de pobreza del municipio  $j$ .

Sin embargo, en el modelo también se consideran variables geográficas y socioeconómicas, de cada municipio en cuestión, de tal manera que permita una representación cuasi completa de las características propias de cada unidad de análisis. Después de realizar el análisis de las variables el modelo que se aplica es el Modelo Rezago Espacial, mismo que es el que permite obtener parámetros que permitan evaluar el nivel de pobreza de cada municipio en relación con sus características propias y las características de los municipios vecinos, es decir se estima un modelo de comunicación o contagio, ya que se asume los municipios que se encuentran cerca tienden a tener características semejantes a las de los municipios vecinos. La especificación del econométrico viene representada de la siguiente manera:

$$\text{Nivel de pobreza}_i = \lambda W_{NP} + \beta_0 + \beta_1 \text{temperatura}_i + \beta_2 \text{precipitación}_i + \beta_i \sum X_i + u_i$$

Donde el valor del *Nivel de pobreza* en cada punto del espacio, es decir municipio, se relaciona con los demás valores de pobreza mediante el término autoregresivo espacial  $\lambda W_{NP}$ , en el que  $\lambda$  es el coeficiente de autocorrelación espacial y  $W$  es la matriz de contactos o vecindades. Por otro lado  $\beta_i \sum X_i$ , recoge las variables socioeconómicas y geográficas que se consideran adicionalmente.

#### Variable Dependiente

*Nivel de Pobreza*: Porcentaje de Población Pobre a nivel Municipal. Fuente INE, UDAPE, PMA.

#### Variabes Independientes

*Temperatura Media*: Grados Centígrados. Fuente SENAMHI

*Precipitación Anual*: milímetros (mm). Fuente SENAMHI

*Densidad Poblacional:* Cantidad de personas por kilometro cuadrado. Fuente: INE

*Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria:* Variable *dummy* que asume el valor de 1 cuando el municipio tiene Índice de VAM alto y 0 en otro caso. Fuente UDAPE, PMA.

*Ingresos Municipales:* Ingresos propios generados por cada municipio. Fuente: PGN-MEFP

*Municipios de Eje Troncal:* Variable *dummy* que asume el valor de 1 cuando los municipios se encuentra en los departamentos de La Paz, Cochabamba o Santa Cruz y 0 en otro caso.

*Zona Altiplano:* Variable *dummy* que asume el valor de 1 cuando los municipios se encuentra en la zona del altiplano boliviano y 0 en otro caso.

*Zona Valle:* Variable *dummy* que asume el valor de 1 cuando los municipios se encuentra en la zona de los valles de Bolivia y 0 en otro caso.

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_i$  son los parámetros a estimar y  $u_i$  es el termino residual. Una vez especificado las variables que se consideran en el modelo de análisis de la pobreza en Bolivia para el año 2012, tomando una estructura espacial, es importante tener presente que la principal relación de interés, es la influencia de los factores climáticos en el nivel de pobreza.

#### **IV.4. Estimación del Modelo**

En este acápite se presenta el desarrollo de los modelos espaciales tomando en cuenta información de corte transversal, correspondiente a 338 municipios de Bolivia, para la gestión 2012. En primer lugar se realiza la estimación de un modelo de mínimos cuadrados ordinarios, considerando como variable dependiente al porcentaje de población pobre, y como variables independientes: densidad poblacional, índice de vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria alta, ingresos municipales propios, factores climáticos; temperatura media y nivel de precipitación, y finalmente variables *dummy's* que recogen en primera instancia la pertenencia o no a departamentos del eje troncal de Bolivia (La Paz, Cochabamba y Santa Cruz), y en segundo lugar a las zonas: altiplano y valle, respectivamente. Para determinar el tipo de estructura espacial debe considerarse en el trabajo, se ha realizado un diagnostico a los residuos del modelo clásico, donde en función a los resultados de los estadísticos se asume que el mejor modelo para realizar el análisis de la pobreza en Bolivia es el de contagio, es decir el Modelo de Retardo Espacial.

**Cuadro Nº 3: MODELO CON ESTRUCTURA ESPACIAL**

VARIABLE EXPLICADA: PORCENTAJE DE POBLACION POBRE		
VARIABLE EXPLICATIVA	MODELO DE RETARDO ESPACIAL	
	COEFICIENTE	z
VAM_ALTO	12.837980	7.15
DENSIDAD POBLACIONAL	-0.017628	-4.44
INGRESOS MUNICIPALES	-0.000047	-3.31
TEMPERATURA MEDIA	-0.468229	-2.44
PRECIPITACION	0.004090	1.86
MUNICIPIOS DEL EJE	5.458151	3.37
ZONA ALTIPLANO	1.020919	1.27
ZONA VALLE	1.489532	1.58
CONSTANTE	37.419830	6.10
lambda	0.446817	8.21
sigma 2	181.09	12.90
log likelihood	-1364.25	
wald test	126.92	

Los resultados de la estimación del modelo propuesto, muestran que todas las variables son significativas al 1% y al 10%, excepto las variables asociadas a las zonas geográficas. El parámetro que permiten evaluar la dependencia espacial es  $\lambda$ , que confirma que la variable dependiente, población en condiciones de pobreza, asociados a las variables explicativas, presentan características de dependencia espacial positiva, es decir que en nivel de pobreza de un municipio no solo está determinado por sus características, sino también por las características de sus vecinos. Por otro lado, dado los resultados de los estadísticos de bondad de ajuste de los modelos:  $\sigma^2$ , logaritmo de verosimilitud y el estadístico *wald*, confirman que el modelo de rezago espacial presenta un buen ajuste, por tanto sobre la base de la estructura de este modelo se realiza las interpretaciones y escenarios en el presente trabajo de investigación.

Para realizar la interpretación de los parámetros estimados, es necesario recordar que el modelo de retardo espacial, tiene en su especificación a la matriz de conexiones o de vecindades, es decir que toma en cuenta en promedio a los cinco vecinos más próximos a cada unidad de análisis. Por tanto, las interpretaciones que se presenta en los párrafos siguientes corresponden a la influencia que tienen las variables independientes de los vecinos, en la variable dependiente de cada unidad de análisis (municipio).

Las variables, densidad poblacional, ingresos municipales y temperatura media, presentan una relación negativa significativa con el nivel de pobreza en los municipios de Bolivia. Por otro lado las variables: vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria alta, nivel de precipitación, municipios que se encuentran en los departamentos del eje troncal y los que se encuentran en las zonas del altiplano y valle, respectivamente, presentan una relación positiva significativa con el nivel de pobreza en Bolivia.

**Cuadro Nº 4: EFECTOS MARGINALES Y ESPACIALES**

MODELO DE RETARDO ESPACIAL		
VARIABLE EXPLICATIVA	COEFICIENTE ESTIMADO	z
VAM_ALTO	12.837980	7.15
DENSIDAD POBLACIONAL	-0.017628	-4.44
INGRESOS MUNICIPALES	-0.000047	-3.31
TEMPERATURA MEDIA	-0.468229	-2.44
PRECIPITACION	0.004090	1.86
MUNICIPIOS DEL EJE	5.458151	3.37
ZONA ALTIPLANO	1.020919	1.27
ZONA VALLE	1.489532	1.58
PARAMETRO ESPACIAL ( $\lambda$ )	0.446817	6.10

El efecto espacial de la variable dependiente, que se encuentra representado por  $\lambda$ , que tiene un valor aproximado de 0.45, que para efectos de interpretación se considerara a un municipio cualquiera como unidad de análisis. Por ejemplo: si el porcentaje de población pobre disminuye en 5% en Santa Ana de Yacuma, el nivel de pobreza del municipio de Exaltación debiera disminuir en 2.25% aproximadamente, considerando que el efecto espacial estimado tiene signo positivo. Por otro lado, tomando en cuenta el mismo análisis, mientras el municipio de Poopo siga considerado con un índice de VAM-ALTO, el porcentaje de población pobre en el municipio de Pazña podría incrementar en 12.84.

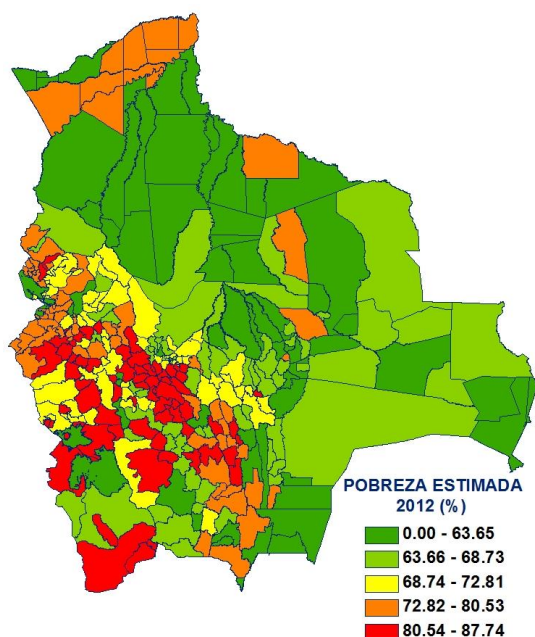
Respecto a las variables que representan al clima en los municipios, se puede mencionar que la temperatura media es la que más influencia (negativa) tiene en los niveles de pobreza, es decir que si se incrementa la temperatura media en un municipio los niveles de pobreza disminuyen en aproximadamente 47% en el municipio de análisis y en los municipios vecinos, siempre considerando los efectos de la variable en forma indirecta, es decir que incrementos en la temperatura media podría mejorar las condiciones agrícolas y por tanto los ingresos de la población que se dedica a esta actividad, mejorando su calidad de vida.

Por otro lado, considerando la variable precipitación, ésta presenta una relación directa con el nivel de pobreza en Bolivia, lo cual permite presentar evidencia de que cuanto mayores niveles

de precipitación existen, se incrementara la población en condiciones de pobreza, ya que para algunos municipios puede ser considerado como un fenómeno necesario y favorable, para otros municipios puede generar la perdida de viviendas y producción agrícola y pecuaria, principalmente en los municipios que se encuentran en la zona del Valle y Trópico.

Tomando en cuenta la variable porcentaje de población pobre estimada, es posible observar el cambio en magnitud que experimentan algunos municipios, respecto al porcentaje de población en condiciones de pobreza. Por tanto, dadas las características propias de cada municipio, tomando en cuenta las variables del modelo, los resultados muestran que algunos municipios suben su posición en cuanto a los quintiles de pobreza y otros bajan.

**Mapa N° 4: NIVEL DE POBREZA ESTIMADA 2012**



En el mapa se observa que los municipios *menos* pobres que se encuentran en el primer y segundo quintil, se encuentran en los departamentos de Beni, Santa Cruz y parte de Tarija, con hasta un 69% de población en condiciones de pobreza. Por otro lado los municipios *más* pobres, es decir aquellos que se encuentran en los quintiles cuarto y quinto, están en los departamentos de Oruro, Chuquisaca, Cochabamba y parte de Potosí, con aproximadamente el 88% de su población que no tiene las necesidades básicas satisfechas.

Tomando en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, el 53% de los municipios debiera tener menos porcentaje de población en condiciones de pobreza y el restante según las

características de cada municipio, debiera tener mayores niveles de pobreza, situación que se encuentra relacionado con los registros de las variables climáticas, como se observa en los mapas de isoterma e isoyeta.

En el siguiente cuadro se presenta los resultados de las nueve capitales de departamento y también el municipio de El Alto, por considerarse importante, por su constante crecimiento económico y demográfico, paralelo a los niveles de pobreza de su población.

**Cuadro Nº 5: POBREZA ESTIMADA POR MUNICIPIO CAPITAL 2012**

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO CAPITAL	POBREZA INE 2012	POBREZA ESTIMADA 2012
Oruro	Oruro	24.9	49.8
Pando	Cobija	30.9	59.6
Chuquisaca	Sucre	26.9	60.6
Potosi	Potosi	25.3	64.0
Beni	Trinidad	38.3	60.2
Santa Cruz	Santa Cruz de la Sierra	21.3	10.1
La Paz	El Alto	36.0	29.0
	Nuestra Señora de La Paz	14.3	33.4
Cochabamba	Cochabamba	28.5	20.7
Tarija	Tarija	22.7	60.7

Los municipios de Oruro, Cobija, Sucre, Potosí, Trinidad, Nuestra Señora de La Paz y Tarija, tienen un valor estimado por demás mayor al observado, sin embargo los municipios de Santa Cruz de la Sierra, El Alto y Cochabamba tienen un nivel de pobreza estimado inferior al observado. Las características de estos últimos tres municipios en particular, está relacionado con la densidad poblacional, temperatura media, nivel de precipitación y la zona donde se encuentran, principalmente.

Respecto la densidad poblacional, Santa Cruz de la Sierra, El Alto y Cochabamba son los municipios con mayor población por kilometro cuadrado, lo cual permite corroborar el signo que acompaña a esta variable en el modelo espacial. Por otro lado también, influye la zona en la cual se encuentran estos tres municipios, Trópico, Altiplano y Valle, respectivamente y su pertenencia a los departamentos que son considerados como parte de la columna troncal de desarrollo de nuestro país.

Para el caso del municipio de Santa Cruz de la Sierra, considerando las variables de interés principalmente (factores climáticos), en el año 2012 ha registrado una temperatura media anual

de 24.75°C, un nivel de precipitación anual de 1070.95 mm y tomando en cuenta las demás variables, según las estimaciones del modelo econométrico espacial, este municipio debiera tener un 10.1% de población pobre para la gestión de análisis. Siguiendo con el mismo criterio, por ejemplo el municipio de Potosí, para el año 2012 ha registrado una temperatura media de 8.49 °C y un nivel de precipitación anual de 347 mm y tomando en cuenta las demás variables del modelo, este municipio debiera haber tenido un 64% de su población en condiciones de pobreza.

Finalmente en el siguiente cuadro se presenta, los datos del porcentaje de pobreza, en primera instancia de la variable observada, es decir de los datos que tienen como fuente el INE y UDAPE, para cada departamento. En la tercera columna, se presenta los porcentajes de pobreza estimado mediante el modelo econométrico espacial, donde se puede observar claramente que en promedio cada departamento debiera tener un mayor porcentaje de población en condiciones de pobreza, considerando las variables densidad poblacional, ingresos municipales, vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria, la zona geográfica en la que se encuentran y principalmente los factores climáticos asociados a cada municipio, tomando en cuenta la información de las estaciones meteorológicas correspondientes.

**Cuadro Nº 6: POBREZA OBSERVADA Y ESTIMADA POR DEPARTAMENTO**

DEPARTAMENTO	POBREZA INE 2012	POBREZA ESTIMADA 2012
Oruro	47.00	74.53
Pando	58.80	70.70
Chuquisaca	54.50	74.02
Potosi	59.80	76.27
Beni	56.40	62.39
Santa Cruz	35.50	64.82
La Paz	46.30	75.37
Cochabamba	45.40	67.97
Tarija	34.60	66.37

Considerando las variables mencionadas en el párrafo anterior, se observa que los departamentos de Chuquisaca, La Paz, Oruro, Pando y Potosí, tienen más del 70% de su población en condiciones de pobreza y únicamente Santa Cruz y Tarija, mantendrían los porcentajes de pobreza más bajos respecto a los demás, tomando en cuenta los porcentajes observados 35.5 y 34.6 % respectivamente, publicados por las fuentes oficiales mencionadas.

## V. Escenarios de Pobreza

El desarrollo desequilibrado que se observa en Bolivia genera situaciones de baja calidad de vida principalmente en los municipios que se encuentran en la zona del altiplano y parte de la zona del valle. Sin embargo, su atraso tiene una explicación desde la dependencia y la generación de *clusters* de pobreza, que se observa en los resultados que se presentan en el acápite anterior.

Tomando en cuenta que el objetivo del trabajo es presentar evidencia empírica, respecto al grado de influencia que tiene el cambio climático en los niveles de pobreza en Bolivia, en éste acápite se plantea escenarios de los posibles cambios en los porcentajes de población pobre que podrían presentarse a lo largo del restante de este siglo, asociado a escenarios, principalmente de temperatura media y niveles de precipitación.

Las referencias desarrolladas en la temática del trabajo son escasas, es decir que para Bolivia son pocos los documentos de instituciones oficiales que proporcionen los escenarios de las variables climáticas, con base en modelos *standares* que contengan las características aprobadas por las instituciones especializadas en esta área climática.

Existen muchas instituciones a nivel internacional, dedicadas a la evaluación y efectos del cambio climático a nivel mundial, las cuales presentan informes periódicos con los resultados de los efectos a nivel económico, social, ambiental, hídrico, etc.

Una importante institución es el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) que se creó en 1988 con la finalidad de proporcionar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. El IPCC es una organización internacional, constituido a petición de los gobiernos miembros. Fue establecido por primera vez por dos organizaciones de las Naciones Unidas, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y posteriormente ratificada por la Asamblea General de las Naciones Unidas. Su misión es proveer con evaluaciones científicas comprensivas sobre la información científica, técnica y socioeconómica actual sobre el riesgo de cambio climático provocado por la actividad humana, sus potenciales consecuencias medioambientales y socioeconómicas, y las posibles opciones para adaptarse a esas consecuencias o mitigar sus efectos.



La función del IPCC consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo. El IPCC ha presentado desde sus inicios cinco informes de evaluación en varios volúmenes. Según el IPCC (2008) estima que el aumento de la temperatura para Sudamérica será de entre 0.6 a 1.1°C, con cambios en la precipitación de -5 a +3 para el año 2020. Para el 2050 la variación de la temperatura media es 1 a 2.9°C y el nivel de precipitación entre -12 a +10. Finalmente al intervalo de variación de la temperatura es de 1,8 a 4,5°C con cambios en las precipitaciones entre -12 a +12% para el 2080.

Por otro lado se tiene la presencia en Bolivia de HELVETAS Swiss Intercooperation, una de las organizaciones para el desarrollo con mayor experiencia en Suiza. Después de más de 20 años de trabajo ininterrumpido en Bolivia, en los que se ejecutaron sobre todo programas y proyectos de la Cooperación Suiza. Como Intercooperation se ha desarrollado una gran experiencia en temas relativos a la gestión sostenible de recursos naturales. La institución, desde siempre, tiene un compromiso de mediano y largo plazo y busca la articulación entre el manejo de recursos naturales, la gobernabilidad y el desarrollo económico; con este enfoque integral apunta al desarrollo sostenible. Se tiene una buena relación con el Gobierno de Bolivia (Ministerio de Autonomías, Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, y gobiernos locales, entre otros) y una relación estrecha con la Cooperación Suiza como principal financiador de los programas ejecutados.

En abril de 2014 Helvetas, publica el documento “Eventos extremos a partir de escenarios climáticos” Análisis en municipios rurales de Bolivia zonas andinas y valles. Con base en los escenarios del IPCC (2008). El área de acción de Helvetas, mediante su Programa de Reducción del Riesgo de Desastres, es Norte Paceño Tropical, Norte Potosí, Aymaras Sin Fronteras (zona altiplánica), Gran Centro Potosí, Cintis, Región Andina de Cochabamba, Caine, Chaco Chuquisaqueño y Héroes de la Independencia (valles de Tarija), con un total de 60 municipios objeto de análisis, para los cuales presenta escenarios de variables climáticas y en particular de temperatura media y nivel de precipitación, para los años 2020, 2050 y 2080.

Por ello, en un esfuerzo de aportar a un proceso de discusión de escenarios climáticos locales y que sirvan para entender mejor los niveles de implicancia en los municipios, no sólo en las variaciones promedios de precipitación y de temperatura, sino en otros factores que hacen al

incremento o decremento de las amenazas climáticas, es que el Programa de Reducción del Riesgo de Desastres (PRRD) de la Cooperación Suiza, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation, ha llevado adelante este estudio en los municipios que conforman nueve de las mancomunidades con las que se ha estado trabajando.

Por otro lado se considera como referencia también al libro “Bolivia en un mundo 4 grados más caliente. Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte”, que tiene como Investigadores: Dirk Hoffmann Cecilia Requena, documento elaborado y presentado en 2012, mediante el Programa de Investigación Estratégica en Bolivia (PIEB) y el Instituto Boliviano de la Montaña. El objetivo del documento es plantear posibles escenarios socio-económicos y político-institucionales para Bolivia en un mundo más caliente, en dos horizontes temporales: el año 2030 (tiempo de esta generación) y el año 2060 (la generación de los hijos y nietos). Como estudio de caso se tomó la región del Altiplano Norte, la Cordillera Real y la zona metropolitana de La Paz y El Alto, territorio en el que se encuentran más de 30 municipios del departamento de La Paz.

Los resultados de los escenarios presentan que para el 2030 el aumento de la temperatura global para Bolivia será entre +1.2 a 1.5 °C, para el 2060 el aumento estará en el orden de 1.8 a 2.3 °C y finalmente para el 2100 el incremento será de +4 °C. Con respecto a los escenarios para la región del altiplano norte se tiene, para 2030 un aumento de la temperatura media entre 2.5 a 4.5°C, para el 2060 el aumento será de 4 a 5°C y finalmente para el año 2100 la temperatura podría aumentar entre 7 a 10°C, aproximadamente.

Como se puede observar en las referencias de cambio climático, no existe un trabajo que contemple a la totalidad de nuestro país, considerando las regiones, zonas, departamentos y mucho menos a nivel municipal. Por tanto en el presente trabajo de investigación se tomara en cuenta a estas dos fuentes para realizar los análisis de los escenarios del nivel de pobreza asociado a la temperatura y el nivel de precipitación, principalmente.

## **V.1. Escenarios de Pobreza en Bolivia**

El informe de la ONU sobre el Desarrollo Humano (2007), proporciona algunas evidencias de cómo el actual clima y los futuros cambios van a afectar la consecución y la sostenibilidad de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) 2015. En el presente trabajo de investigación, se considera fundamental el primer ODM, la cual se relaciona con la “erradicación de la pobreza y

el hambre”, por tanto mediante los resultados que se presentan, es posible inferir que el cambio climático cada vez más no permitirá alcanzar en su totalidad y mantener éste objetivo de desarrollo, es decir que mientras la variabilidad climática este presente en Bolivia, la población que viven en condiciones de pobreza marginal (fundamentalmente), tendrá menos posibilidades de salir de su estado de pobreza. Lo anterior se debe principalmente a que los efectos del clima sobre la pobreza, principalmente siguen siendo poco comprendidos y las estrategias de reducción de la pobreza no apoyan adecuadamente la resiliencia al clima, lo cual finalmente dificulta la erradicación de la pobreza.

Por tanto para asegurar un desarrollo efectivo frente al cambio climático se requiere en primera instancia evidencia de base más científica que muestre la relación entre clima y pobreza, de tal manera que permita el desarrollo de políticas y programas integrados que provengan de las autoridades nacionales, orientados a incluir a los pobres más vulnerables al clima en las estrategias de desarrollo e identificar cómo las estrategias de mitigación también pueden reducir la pobreza y permitir la adaptación.

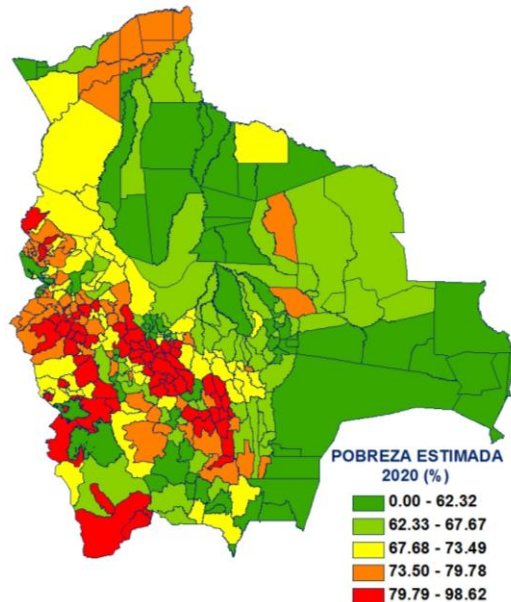
#### **V.1.1. Escenario de pobreza para el 2020**

Para la presentación de los escenarios de la pobreza, se considera el modelo de econometría espacial (Modelo de Rezago Espacial), presentado en el acápite anterior. Para evaluar el impacto de las variables climáticas en el nivel de pobreza en Bolivia con dimensión municipal, se tomaron los escenarios de la temperatura media y el nivel de precipitación anual, presentados por Helvetas, en su publicación “Eventos extremos a partir de escenarios climáticos” Análisis en municipios rurales de Bolivia zonas andinas y valles, para los 60 municipios considerados, es decir que las estimaciones del impacto, se realizan con cambios en las variables climáticas, *ceteris paribus* las demás variables del modelo. Para el resto de los municipios se considera los escenarios climáticos presentados en el libro “Bolivia en un mundo 4 grados más caliente. Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático.

Como se observa en las estimaciones del nivel de pobreza para el año 2020, representada en el siguiente mapa, la concentración de pobreza en el segundo quintil es baja, es decir que en el segundo 20% de la muestra se encuentran 69 municipios que tienen un porcentaje de población pobre, entre 62 y 67% aproximadamente. Por otro lado el último 20% de los municipios, es decir los municipios considerados más pobres, se encuentra con mayor dispersión, ya que se

encuentran entre 80% y 99% de nivel de pobreza, considerando los cambios en las variables temperatura y nivel de precipitación.

**Mapa N° 5: NIVEL DE POBREZA ESTIMADA PARA EL AÑO 2020**



Los resultados de las estimaciones del nivel de pobreza para el año 2020, considera un incremento de la temperatura media en el orden de 1.35 °C y una disminución del nivel de precipitación en 5%.

Se observa en el cuadro siguiente que a nivel departamental, es decir promedio del nivel de pobreza estimada, que La Paz, Oruro, Chuquisaca, Pando y Potosí, tienen a más del 70% de su población en condiciones de pobreza, tomando en cuenta las estimaciones para el año 2020. El impacto que tendrá el cambio en los factores climáticos para el 2020 (*ceteris paribus*) en el nivel de pobreza, se manifiesta en incremento, siendo el promedio de los nueve departamentos 6%, lo cual equivale a 600.000 habitantes aproximadamente, que podrían cambiar sus condiciones de vida, mejorando su situación de pobreza.

**Cuadro N° 7: POBREZA ESTIMADA POR DEPARTAMENTO PARA 2020**

DEPARTAMENTO	POBREZA ESTIMADA 2012	POBREZA ESTIMADA 2020	IMPACTO	TEMPERATURA MEDIA	NIVEL PRECIPITACION
Beni	62.39	60.92	-2.35	27.74	1675.30
Chuquisaca	74.02	74.27	0.34	17.77	648.80
Cochabamba	67.97	68.95	1.44	17.71	591.33
La Paz	75.37	75.12	-0.34	13.79	720.62
Oruro	74.53	74.25	-0.38	9.15	328.27
Pando	70.70	73.48	3.94	27.94	1691.95
Potosi	76.27	76.02	-0.33	13.05	505.15
Santa Cruz	64.82	63.07	-2.71	26.30	1017.40
Tarija	66.37	63.28	-4.66	20.41	682.72

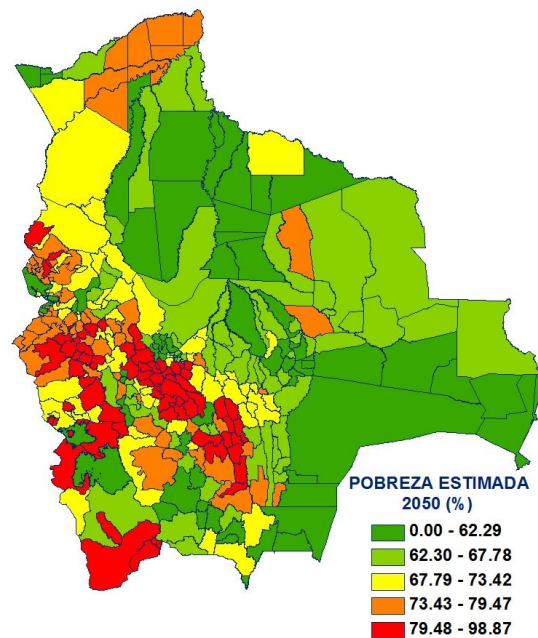
En el anterior cuadro se presenta las estimaciones del nivel de pobreza 2012 y 2020, con el objetivo de realizar comparaciones. Por otro lado también se observa el impacto, es decir que según los resultados los departamentos de Chuquisaca y Cochabamba tenderán a incrementar los porcentajes de población en condiciones de pobreza, y el restante tiene la tendencia a disminuir los niveles de pobreza, tomando en cuenta los cambios en las variables climáticas, *ceteris paribus* las demás variables del modelo.

### **V.1.2. Escenario de pobreza para el 2050**

De manera análoga se presenta los escenarios del nivel de pobreza para el año 2050, tomando como referencia un incremento de la temperatura de 2.05 °C y una disminución de la cantidad de precipitación en 10%, exceptuando para los municipios que son parte del programa de Helvetas, ya que para los 60 municipios de éste programa se considera sus propios escenarios.

Los quintiles de pobreza muestran que el primer 20% de la población agrupa a los municipios con menores porcentajes de pobreza, es decir que 69 municipios tendrán hasta el año 2050 hasta un 62% de su población en condiciones de pobreza. Por otro lado, el último 20% de la muestra concentrara a los municipios con elevados porcentajes de población pobre con 99% aproximadamente, como se observa en la representación espacial de la variable estimada.

**Mapa N° 6: NIVEL DE POBREZA ESTIMADA PARA EL AÑO 2050**



El nivel de pobreza en general para Bolivia para el año 2050, según las estimaciones del modelo espacial será aproximadamente 69.84%. En el cuadro siguiente se muestra las estimaciones en promedio por departamento, en la cual se puede observar que los departamentos de Chuquisaca, La Paz, Oruro, Pando y Potosí, se encontrarían por encima del promedio, siempre considerando la influencia de las variables del modelo, y principalmente las variables de interés, las cuales son temperatura media y el nivel de precipitación.

**Cuadro N° 8: POBREZA ESTIMADA POR DEPARTAMENTO PARA 2050**

DEPARTAMENTO	POBREZA ESTIMADA 2012	POBREZA ESTIMADA 2050	IMPACTO	TEMPERATURA MEDIA	NIVEL PRECIPITACION
Beni	62.39	60.87	-2.43	28.44	1587.13
Chuquisaca	73.58	74.25	0.90	18.76	634.54
Cochabamba	70.27	68.94	-1.89	18.49	567.46
La Paz	73.38	75.14	2.39	14.56	691.83
Oruro	74.53	74.30	-0.31	9.87	313.78
Pando	70.70	72.82	3.01	28.64	1602.90
Potosi	76.27	76.08	-0.24	13.86	493.30
Santa Cruz	64.82	63.04	-2.76	27.00	963.85
Tarija	66.37	63.14	-4.86	21.40	657.87

En el cuadro anterior se observa que para el año 2050, cinco de nueve departamentos tendrían más del 70% de su población en condiciones de pobreza. Un aspecto importante es que el departamento de Potosí con sus 40 municipios se encontraría en el cuarto quintil, es decir que para el año 2050 los niveles de pobreza en este departamento continuarían abatiendo al 76% de su población en promedio.

Tomando en cuenta los resultados del modelo econométrico, el grado de influencia de las variables asociadas al análisis del nivel de pobreza, muestran dos aspectos importantes. El primero, que los niveles de pobreza, independientemente de la metodología de cálculo, son afectados por otras variables de su entorno, a saber las variables climáticas. Segundo que los valores estimados por lo general muestran porcentajes superiores a los observados, lo cual es característico, cuando las variables dependientes se analizan con técnicas econométricas y no así únicamente en forma descriptiva y aislada.

Los resultados presentados mediante la modelación de econometría espacial, se puede evidenciar que la variable pobreza en Bolivia tiene estructura de *cluster*, principalmente en la zona del altiplano y parte de la zona del valle, y que en estas condiciones de vida, los factores climáticos tiene influencia significativa, por tanto mediante las estimaciones para los años 2020 y 2050, se espera que estas condiciones de calidad de vida principalmente, tiendan a mejorar en algunas zonas y/o a empeorar en otras, dependiendo de las características sociales, económicas y climatológicas de cada municipio en cuestión.

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de las estimaciones, tanto para el 2012, 2020 y 2050, considerando de cada departamento a los municipios que presentan los máximos y mínimos porcentajes de población pobre.

Se puede observar que los departamentos de Cochabamba, Pando y Santa Cruz, presentan los mismos municipios en los escenarios del nivel de pobreza para los años en consideración, es decir que tomando en cuenta el modelo aplicado y las variables, los municipios identificados en cada departamento podrían mantenerse en los mayores y menores porcentajes de población pobre.

**Cuadro N° 9: NIVEL DE POBREZA ESTIMADA: MAXIMA Y MÍNIMA POR DEPARTAMENTO**

DEPARTAMENTO	POBREZA ESTIMADA 2012		POBREZA ESTIMADA 2020		POBREZA ESTIMADA 2050	
	MUNICIPIO		MUNICIPIO		MUNICIPIO	
Beni	Magdalena	74.33	Magdalena	69.70	Guayaramerin	69.65
	Trinidad	60.18	Trinidad	57.40	Trinidad	57.35
Cochabamba	Arque	89.79	Arque	98.62	Arque	98.37
	Cochabamba	9.05	Cochabamba	9.48	Cochabamba	9.41
La Paz	Chacarilla	93.39	Santiago de Callapa	94.08	Santiago de Callapa	93.90
	El Alto	26.08	El Alto	26.05	El Alto	26.12
Oruro	La Rivera	83.39	San Pedro de Totora	88.95	San Pedro de Totora	89.34
	Oruro	49.79	Oruro	47.13	Oruro	47.11
Pando	Santos Mercado	74.91	Santos Mercado	79.73	Santos Mercado	79.36
	Cobija	59.61	Cobija	60.03	Cobija	59.91
Potosí	Tacobamba	84.18	Sacaca	90.89	Sacaca	91.07
	Cotagaita	61.66	Cotagaita	54.98	Cotagaita	54.83
Santa Cruz	Quirusillas	80.59	Quirusillas	78.59	Quirusillas	78.36
	Santa Cruz de la Sierra	10.15	Santa Cruz de la Sierra	4.19	Santa Cruz de la Sierra	4.17
Tarija	Yunchara	76.56	Entre Rios	73.36	Entre Rios	73.41
	Bermejo	59.85	Tarija	56.55	Tarija	56.37
Chuquisaca	Tarbita	84.48	Tarbita	83.89	Tarbita	83.90
	Las Carreras	56.94	Sucre	60.55	Las Carreras	60.45

Finalmente se observa que la mayor parte de las capitales de departamento se encuentran con los menores porcentajes de población pobre en todos los escenarios, lo cual tiene relación con la cantidad de población, acceso a servicios de educación y salud, vivienda, etc. siendo éstas las variables más importantes al momento del cálculo de los estratos de pobreza según el método de las necesidades básicas insatisfechas aplicada en Bolivia para el año 2012.

## VI. Conclusiones

En el presente documento se plantea la hipótesis de la existencia de *clusters* de pobreza a nivel municipal en Bolivia, hipótesis que se ha corroborado en primera instancia por el Análisis Exploratorio de Datos Espaciales, posteriormente mediante los estadísticos de dependencia espacial I de Moran, Getis& Ord, Diagrama de Moran, etc. Finalmente se presenta el análisis confirmatorio, a través de los modelos econométricos espaciales: Modelo de Rezago Espacial y Modelo de Error Espacial.

Los resultados de la aplicación del modelo econométrico, muestran evidencia que existe dependencia espacial positiva, es decir que los municipios que tienen altos porcentajes de población pobre se encuentran geográficamente localizados junto a otros municipios en iguales condiciones, y viceversa. La evidencia principal del trabajo es presentar la influencia significativa y con los signos esperados que las variables climáticas, temperatura media y nivel



de precipitaciones, en el porcentaje de población pobre a nivel municipal, considerando la información de 156 estaciones meteorológicas, activas en Bolivia para la gestión 2012.

El modelo planteado contribuyó a identificar la importancia del aspecto espacial al momento de analizar la pobreza en Bolivia, identificando *clusters* de calidad de vida. Por otro lado la variable densidad poblacional presenta un signo negativo, lo cual sugiere que donde hay mayor población por kilómetro cuadrado, menor será los niveles de pobreza. Respecto a la zona geográfica, los municipios que se encuentran en las zonas de altiplano y valle, son los que presentan mayores porcentajes de población pobre, no siendo así para la zona de trópico principalmente.

Considerando las variables climáticas, en los resultados se observa, que a mayor temperatura media, menor pobreza y cuanto mayor nivel de precipitación, mayores porcentajes de población en condiciones de pobreza, ya que en las estimaciones presentan signos negativos y positivos, respectivamente para cada variable, lo cual permite comprobar la hipótesis de comportamiento planteada, respecto a la existencia de relación entre las variables climáticas y el nivel de pobreza en Bolivia.

Por otro lado tomando en cuenta el anterior párrafo, se presenta estimaciones de los porcentajes de población pobre para los años 2020 y 2050, considerando dos fuentes para los escenarios de las variables climáticas de interés para esas gestiones. En primera instancia se considera los escenarios elaborados por el Programa de Reducción del Riesgo de Desastres (PRRD) de la Cooperación Suiza, implementado por HELVETAS Swiss Intercooperation (con base en los Informes del IPCC), para municipios que conforman nueve de las mancomunidades, que se encuentran principalmente en el altiplano y valle de Bolivia.

Sin embargo, es pertinente mencionar respecto a la variable temperatura media, que no se debe considerar necesariamente a ésta como la causa directa de los aumentos o disminuciones en los porcentajes de población en condiciones de pobreza en los municipios. Históricamente los municipios ubicados en los valles más cálidos y las tierras bajas han desarrollado sistemas institucionales y productivos diferentes a los de la región andina que, en términos generales, se considera más fría, de manera que los resultados en productividad de los municipios con mayores temperaturas promedio tienden a ser mejores que en los municipios de la región andina. Este efecto no depende directamente de la temperatura promedio, sino de que en el

país las mayores concentraciones de la población se ubicaron desde épocas pre-coloniales en las tierras altas, consolidando organizaciones productivas centradas en fines holísticos, en los que la productividad es una variable más a tomar en cuenta. Por lo tanto, estos sistemas productivos se caracterizan por su baja productividad económica. En cambio en las tierras bajas, los sistemas productivos tienden a ser mecanizados y aplican agro-tecnologías que los hacen rendir más.

Finalmente se puede inferir que siendo la pobreza el primer ODM, en Bolivia según publicaciones oficiales se ha logrado alcanzar la meta hasta el 2012, sin embargo los resultados del presente trabajo muestra evidencia empírica respecto a que la pobreza en Bolivia persiste y que existe movilidad de población en términos geográficos y no así de condición de vida. Por tanto el estado debe seguir implementando políticas en pro de lograr alcanzar el ODM “erradicar la pobreza y el hambre en Bolivia” asociado a políticas de adaptación al cambio climático, especialmente dirigidas a poblaciones vulnerables y que año tras año enfrentan los fenómenos climáticos adversos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Acevedo B. Ingrid, Velásquez C. Ermilson (2008). "Algunos conceptos de la econometría espacial y el análisis exploratorio de datos espaciales". *Ecós de Economía-Medellín*. Colombia. (26 pág.)

Andersen E. Lykke. Mamani P. Rubén (2009) "Cambio Climático en Bolivia hasta 2100: Síntesis de Costos y Oportunidades". Proyecto "Estudio Regional de Economía del Cambio Climático en Sudamérica" (ERECC-SA) coordinado por el CEPAL y Banco Interamericano de Desarrollo. Bolivia. (41 pág.)

Andersen Lykke, Verner Dorte. (2010) "Social Impacts of Climate Change in Mexico: A municipality level analysis of the effects of recent and future climate change on human development and inequality". Instituto de Estudios Avanzados en Desarrollo, La Paz, Bolivia. Banco Mundial, Washington, DC. (15 pág.)

Anderson, Simon. (2011) "Cambio climático y reducción de la pobreza". Grupo de Cambio Climático en el Instituto Internacional para el Ambiente y Desarrollo. Alianza Clima y Desarrollo. Programa Internacional del Reino Unido. (40 pág.)

Aroca, Patricio. (2000) "Econometría Espacial: Una herramienta para el análisis de la Economía Regional". Universidad Católica del Norte. Chile. (28 pág.)

Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo CEPAL-PNUD, 1990. Proyecto Regional para la Superación de la Pobreza. Colombia

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. CEPAL-2000. Juan Carlos Flores, Xavier Mancero. "Enfoque para la medición de la pobreza: Breve revisión de literatura." División de Estadísticas y Proyecciones Futuras. (46 pág.)

GeoBolivia con datos proporcionados por la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas (UDAPE) y el Programa Mundial de Alimentos (PMA-ONU). "Mapa muestra de indicadores sociales de Pobreza, Necesidades Básicas Insatisfechas y Vulnerabilidad a la Seguridad Alimentaria a nivel municipal".

Gómez de Antonio, Miguel (2003) "Un modelo para cuantificar el impacto de las variables territoriales en el crecimiento de la renta per cápita de las provincias Españolas". Universidad Complutense de Madrid. España (41 pág.)

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC, (2014) Quinto Informe de Evaluación del "Cambio climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad". Suiza (40 pág.)

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC, (2008). Cuarto Informe de evaluación del "Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III". Suiza (114 pág.)

HELVETAS Swiss Intercooperation. (2014) "Eventos extremos a partir de escenarios climáticos. Análisis en municipios rurales de Bolivia: zonas andinas y valles. Programa Reducción del riesgo de desastres de la Cooperación Suiza en Bolivia. Bolivia (270 pág.)

Herrera, Marcos. (2015) "Econometría Espacial". Instituto de Estudios Laborales y del Desarrollo Económico IELDE. Universidad Nacional de Salta. Argentina (54 pág.)

Hoffmann, Dirk. Requena, Cecilia. (2012) "Bolivia en un mundo 4 grados más caliente. Escenarios sociopolíticos ante el cambio climático para los años 2030 y 2060 en el altiplano norte" Programa de Investigación Estratégica en Bolivia-Instituto Boliviano de la Montaña. Bolivia (172 pág.)

Instituto Nacional de Estadísticas (2012). Anuario Estadístico. (68 pág.)

*Instituto Nacional de Estadísticas (2001). Metodología de Cálculo del Indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas en Bolivia.(12 pág.)*

*Ministerio de Economía y Finanzas Públicas (2012) “Presupuesto General del Estado - gestión 2012. Gobiernos Autónomos Municipales por Departamento” Bolivia. (89 pág.)*

*Morales. M. Daniel. Moreno, C. Augusto. Boada, Alberto. (2000) “La econometría espacial en Colombia y su relación con los Sistemas de Información Geográfica (SIG)”. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia (20 pág.)*

*Nicolas D. Favio, Mariel N. Pamela, Baronio Alfredo. (2000) “Introducción a la Econometría Espacial”. (19 pág.)*

*Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (PNUD, 2007) Informe Nacional sobre Desarrollo Humano 2007: El estado del Estado en Bolivia. Bolivia (246 pág.)*

*Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD, 2002. Enrique Ganuza, Ricardo Paes de Barros, Rob Vos. “Efectos de la liberalización sobre la pobreza y desigualdad”. Cuadernos de Desarrollo Humano Sostenible. Estados Unidos (20 pág.)*

*Programa Mundial de Alimentos, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (PMA-ONU, 2010). “Vulnerabilidad a la inseguridad Alimentaria en Bolivia: Análisis y cartografía de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria en Bolivia”. Bolivia. (15 pág.)*

*Sen ,Amarthya. (2000) “Desarrollo y Libertad”. Editorial Planeta. Argentina (12 pág.)*

*Unidad de Análisis de Política Económica (UDAPE) e Instituto Nacional de Estadística (INE) (2002) “Bolivia: Metodología para el Cálculo de la Pobreza en Bolivia 2001 Necesidades Básicas Insatisfechas”. Bolivia*

*Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas. UDAPE(2013), Comité Interinstitucional de las Metas de Desarrollo del Milenio (CIMDM). “Séptimo informe de progreso de los Objetivos de Desarrollo del Milenio en Bolivia”. Bolivia (144 pág.)*

*Vaya V. Esther. Moreno S. Rosina. (2000) “Utilidad de la Econometría espacial en el Ámbito de la Ciencias Regional” Investigaciones Regionales-Universidad de Barcelona. España (49 pág.)*

*Vaya V. Esther. Moreno S. Rosina. (2002) “Econometría espacial: Nuevas técnicas para el Análisis Regional” Investigaciones Regionales-Universidad de Barcelona. España (40 pág.)*

## **REFERENCIAS VIRTUALES**

[www.ine.gob.bo](http://www.ine.gob.bo) Fecha de visita: 5.10.2015

[www.udape.gob.bo](http://www.udape.gob.bo) Fecha de visita: 16.11.2015

[www.economiayfinanzas.gob.bo](http://www.economiayfinanzas.gob.bo) Fecha de visita: 25.11.2015

[www.geo.gob.bo](http://www.geo.gob.bo) Fecha de visita: 13.11.2015

[www.senamhi.gob.bo](http://www.senamhi.gob.bo) Fecha de visita: 16.11.2015

[www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch) Fecha de visita: 31.12.2015

[www.bo.undp.org](http://www.bo.undp.org) Fecha de visita: 20.12.2015

[www.pieb.com.bo](http://www.pieb.com.bo) Fecha de visita: 13.12.2015

[www.unicef.org](http://www.unicef.org) Fecha de visita: 23.12.2015