Evaluación de un modelo de Medios de Vida con el Sistema de Ecuaciones Estructurales

A livelihood Modell evaluated by Structural Equations System

Antonio Delgado Ballestero

Rafael A. Díaz Porras[*]

Mayo, 2015

Resumen

En este artículo se presentan los resultados del uso de las Ecuaciones Estructurales para evaluar el grado de ajuste de un modelo teórico que se basa en el Enfoque de Medios de Vida. Este último se utilizó para establecer las respuestas de los productores de dos regiones cafetaleras de Costa Rica, frente a las amenazas de precios bajos, plagas y variación climática. Aunque la prueba de chi cuadrado indica que el modelo no se ajusta a los datos, otros estadígrafos, como el error cuadrático medio y el índice de bondad de ajuste indican un ajuste del 86%.

Palabras clave: Sistema de ecuaciones estructurales, Estadística multivariada, Medios de Vida.

Abstract

This article presents the results of applying the structural equations, as a methodological strategy, to evaluate the degree of adjustment of an analysis based on the livelihood approach. This was used to shed light about the kind of responses of growers from two coffee regions of Costa Rica, when facing the threats of low prices, pests and unstable climate conditions. In spite of that chi square,

[*] Académicos de la Escuela de Sociología y el Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Nacional, respectivamente, e investigadores del "Proyecto Effective Adaptation Strategies and Risk Reduction towards Economic and Climatic Shocks: Lessons from the Coffee Crisis in Mesoamerica", financiado por el Inter American Institute for Global Change Research (IAI).

test indicates that model does not fit the data, other statistics, as the mean square error and goodness of fit index indicate a high setting of the model, 86%.

Keywords: Structural Equations Modell, System, Multivariate Statistics, Livelihoods

Introducción

El sistema de ecuaciones estructurales es una técnica estadística que permite evaluar el nivel en que se ajusta un modelo teórico a los datos reales u observados. El objetivo es comparar la matriz de correlaciones que establece la teoría, con la matriz de correlaciones que genera la medición real de las variables, si el nivel de ajuste es alto, no se descarta la teoría.

Para efectos de presentar el uso de los modelos estructurales, se utilizó una investigación realizada en el 2010-2011, en el Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible, de la Universidad Nacional de Costa Rica (CINPE – UNA), en la cual participó un grupo internacional multidisciplinario. El objetivo de la investigación fue evaluar las estrategias que utilizan los cafetaleros para enfrentar las presiones como los precios bajos, las plagas y los problemas generados por las condiciones del tiempo. Este estudio se desarrolló bajo la óptica de la teoría de Medios de Vida.

El objetivo de este trabajo es presentar el nivel de ajuste del modelo teórico "Medios de Vida", que se aplicó a los productores de café de las zonas escogidas en el caso de Costa Rica: León Cortés y de la península de Nicoya. Al escribir este artículo no se ha detectado una aplicación similar a los medios de vida.

Epistemológicamente, la aplicación de las ecuaciones estructurales es una forma de verificar si las variables o indicadores que se construyeron en el desarrollo de la investigación social obedecen a las relaciones que se plantean en el marco teórico. Cuando los indicadores se han construido a partir de los constructos que predice el modelo teórico, se esperaría encontrar un nivel alto de correspondencia entre la teoría y la realidad.

En los siguientes apartados del documento se presenta una reseña de las Ecuaciones Estructurales y los Medios de Vida, seguida de una discusión de los principales resultados de esta aplicación y las conclusiones correspondientes.

Las Ecuaciones Estructurales

El sistema de ecuaciones estructurales (SEM: Structural Equation Modeling) surgen de la síntesis de dos técnicas estadísticas antiguas, el análisis de factores y el análisis de senderos.

En los SEM se analizan las relaciones entre variables endógenas (dependientes) y variables exógenas (independientes), pero lo relevante de la técnica es que estas variables pueden estar implícitas en su medición, o sea, estas variables son factores, dimensiones subyacentes o constructos que no se pueden medir directamente, pero que están determinadas por la medición de otras variables o indicadores que son medibles y numéricas (variables observadas).

En este sentido el objetivo del SEM es someter a prueba un modelo de relaciones causales con múltiples variables sustentado por un planteamiento teórico de las dependencias (o causalidades) entre ellas.

Es importante establecer que, de forma similar a las regresiones lineales, un modelo estructural significativo no implica un sistema explicativo o causal, si no se ha empleado como base de la investigación un diseño experimental, pero un modelo explicativo implica correlaciones o asociaciones entre variables. Por lo tanto, estas técnicas representan los primeros pasos en la explicación causal que establece una posible teoría.

El trasfondo del SEM es comparar una matriz de variancia-covariancia teórica o pronosticada por el modelo estructural contra la matriz de variancia-covariancia generada por los datos. En la medida que no difieran, se puede concluir que el modelo teórico (o hipotético) posee un buen ajuste al

comportamiento de los datos. Es por este motivo que los sistemas de ecuaciones estructurales, también se les denomina, modelos confirmatorios, ya que buscan confirmar las relaciones teóricas (García, 2011, página 15).

Otro aspecto de los SEM es que las relaciones entre variables se pueden modificar, ya sea, agregando o eliminando asociaciones; esto con el objetivo de probar o someter a la competencia otros modelos. La modificación de estas relaciones puede generar un modelo teórico con un ajuste muy alto, pero este podría apartarse de la "realidad" o establecer relaciones espurias. Esto obliga a respaldar teóricamente cualquier cambio que se proponga en el modelo.

"Encuadrados dentro del análisis estadístico multivariante, estos modelos surgieron ante la necesidad de dotar de mayor flexibilidad a los modelos de regresión. Son menos restrictivos que los modelos de regresión por el hecho de permitir incluir errores de medida tanto en las variables criterio (dependientes) como en las variables predictoras (independientes). Podría pensarse en ellos como varios modelos de análisis factorial que permiten efectos directos e indirectos entre los factores" (García, 2011, pág. 11).

Existen varios programas que facilitan la aplicación de las ecuaciones: LISREL (Linear Structural Relations); de Jöreskogy Söorbom, desarrollado en 1973. AMOS (Analysis of Moment Structures), desarrollado por Arbuckle y Wothke, en 1994, EQS (Structural Equation Modeling Softaware), Benther, 1995. SEPATH, Steiger, 1995. O RAMONA (Reticular action model for path analysis with latent variables), Browne y Mels, 1992. El programa R también ha desarrollado algunos módulos.

Un modelo de ecuaciones estructurales completo consta de dos partes: El modelo de medida y el modelo de relaciones estructurales. El modelo de medida está representado por la forma en que se

midió o evaluó cada uno de los constructos, o variables latentes, o sea, está conformado por los indicadores o variables que son directamente observables. El modelo de relaciones estructurales es el que realmente se desea estimar. Contiene los efectos y relaciones entre los constructos (Ruiz, Pardo, & Martín, 2010, pág.36).

El análisis factorial confirmatorio representa el primer modelo (el modelo de medición) ya que se desea confirmar la composición o medición de las dimensiones subyacentes. El análisis de la ruta o trayectoria (Path Analysis) representa el segundo modelo, ya que se desea estimar las relaciones entre variables que son directamente observadas.

Supuestos del modelo

Para la aplicación de esta técnica se recomiendan muestras grandes, en general, mayores a 200. Uno de los procedimientos más utilizados para calcular los parámetros es el que se denomina máxima verosimilitud y este exige que las variables se distribuyan en forma normal multivariante. (Cupani, 2012, pág. 9)

Para mostrar la aplicación del modelo estructural se utilizará la información de los cafetaleros que se recopiló en el (CINPE-UNA), en el año 2010-2011 y en el marco del proyecto denominado "*Effective Adaptation Strategies and Risk Reduction towards Economic and Climatic Shocks: Lessons from the Coffee Crisis in Mesoamerica".*

El enfoque de medios de vida

En el enfoque de medios de vida se considera la forma en que las familias organizan sus recursos con el objetivo de garantizar su subsistencia. Este marco teórico se utilizó para analizar las estrategias de adaptación de los hogares ante eventos o presiones externas. Lo que implica considerar tanto los activos que disponen las familias en su interior, como las condiciones que

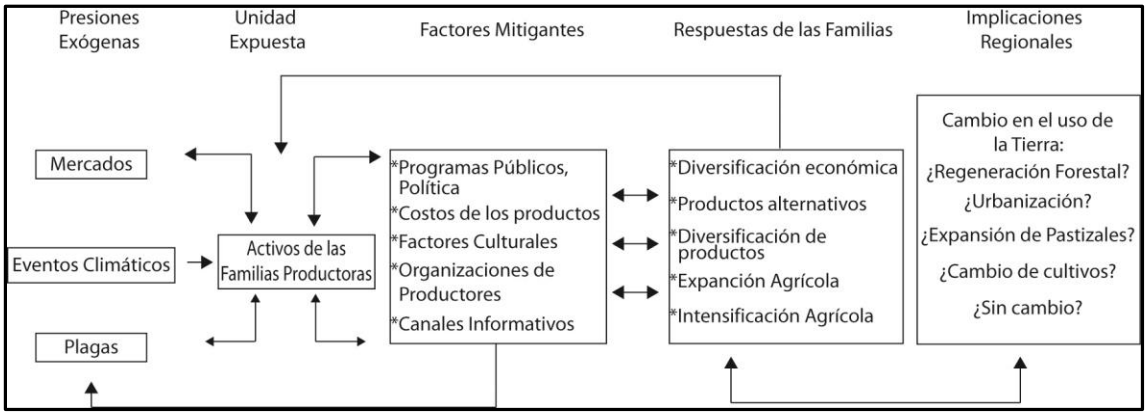
poseen en el medio social y geográfico en que operan, como fuentes de financiamientos, apoyo técnico y posición en la cadena de producción. Entonces, la teoría de los medios de vida es un lente, como todo marco teórico, que permite analizar las condiciones en que se dan las respuestas de las familias productoras de café, frente a eventos externos climáticos, de enfermedades y económicos. El análisis de las estrategias que utilizaron los caficultores se realiza sobre la base empírica de los productores que han sobrevivido a estos impactos o amenazas. (Díaz, Delgado, y Jiménez,, 2010) Mediante el enfoque de medios de vida se intentó responder las siguientes interrogantes: ¿Qué factores internos a las familias determinan las respuestas a las presiones? ¿Cómo han respondido las familias ante eventos económicos? ¿Cómo han respondido las familias ante cambios bruscos de clima? ¿Cómo han respondido las familias ante la aparición de plagas? ¿Qué factores externos a las familias (capital social) determinan las respuestas a las presiones?

Además, Diaz, Eakin, Castellanos y Jiménez, (2009) indican que el enfoque de medios de vida permite analizar las familias como la unidad principal de producción. En este marco analítico, las familias tienen acceso a un conjunto de activos (tipos de "capital") que utilizados adecuadamente, se traducen en medios de vida. Sin embargo, las familias están insertas en un contexto de vulnerabilidad bajo la forma de tendencias críticas, perturbaciones y estacionalidades que pueden afectar los rendimientos esperados de sus activos.

El modelo teórico de Medios de Vida se modificó ligeramente para analizar las respuestas de los productores de café, principalmente, a tres presiones externas primarias (económica, clima y plagas) y se evalúan en términos de las características de la familia, los factores institucionales, culturales y de organización que median en las respuestas de la familia, y las implicaciones sobre sus acciones en aras de su propia seguridad y el de su región.

En la Figura 1 se identifica a las familias productoras como la "unidad primaria" (Unidad Expuesta), es decir la unidad de análisis para entender los impactos y las respuestas a las presiones climáticas, biológicas y del mercado. El impacto de estas presiones en una familia será en parte función de los activos de la familia. En el marco de medios de vida, estos activos se miden en términos de cinco conjuntos de capitales: capital social, capital financiero, capital natural, capital físico y capital humano. La respuesta de una familia a estas presiones estará también determinada por la relación de la familia con las instituciones que administran los recursos relacionados con los mercados, la disponibilidad de información y la organización social (considerados en el modelo como los factores mitigantes). La interacción de los activos de las familias y los factores mitigantes determinarán el tipo de estrategia de respuesta que utiliza la familia, ante las presiones o amenazas exógenas.

Figura 1 Marco para el análisis de las respuestas de los sistemas familiares de producción agrícola

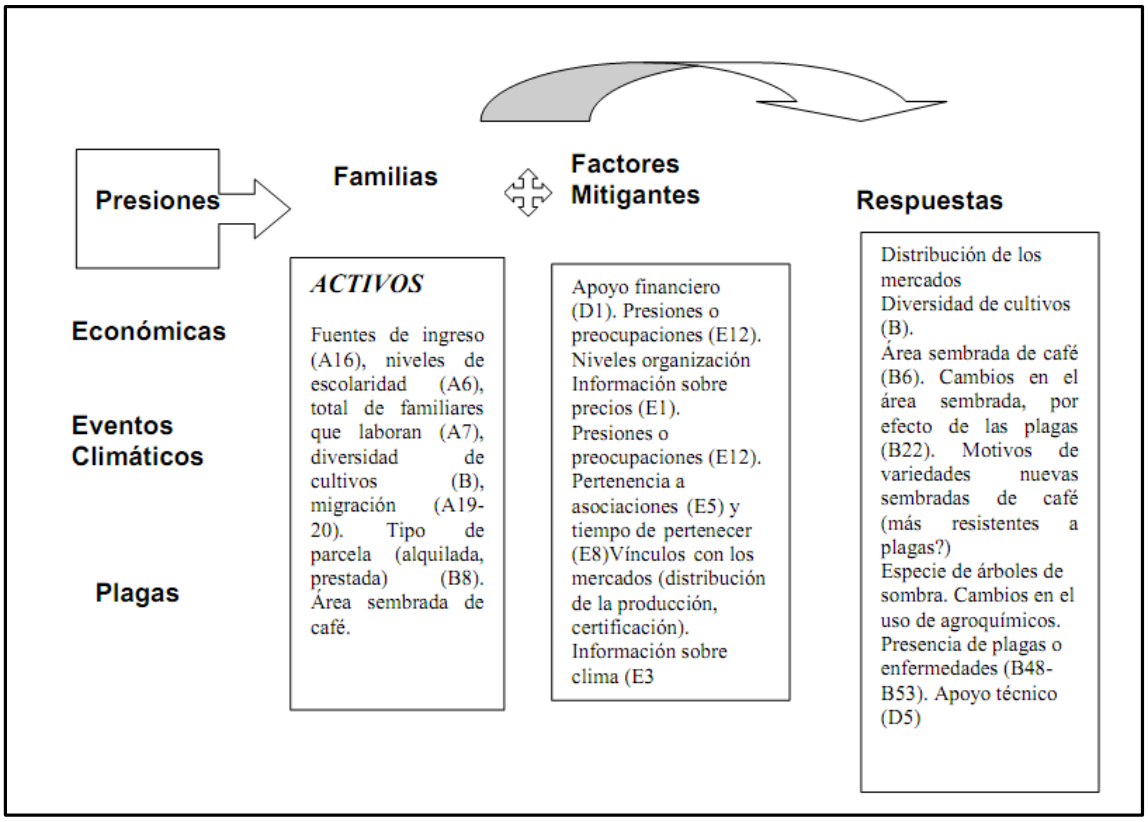


Fuente: Díaz Porras, Delgado Ballestero, y Jiménez Porras, 2010, pág. 114.

Con la figura 2 se busca visualizar, con mayor precisión, la conformación de las diferentes dimensiones que predice el modelo teórico. Esta figura representa el modelo de medición.

Los capitales de familia y los factores mitigantes son afectados por el tipo de presión. Además, se considera que las presiones, lo capitales, los factores mitigantes y las respuestas no son variables que se pueden medir directamente, sino que son factores latentes, intrínsecos en las mediciones, lo que permite el uso de la técnica de las ecuaciones estructurales (Díaz Porras, Delgado Ballestero, & Jiménez Porras, 2010, pág. 116)

Figura 2 Variables consideradas



Fuente: Díaz Porras, Delgado Ballestero, y Jiménez Porras, 2010, pág. 117.

Es importante aclarar que la operacionalización del marco teórico no fue una tarea sencilla y clara. Los esquemas representan horas de discusiones de un grupo multidisciplinario de alto nivel. La

discusión sigue abierta, por ejemplo, en el modelo, la migración se ha clasificado, por las transferencias de dinero, como un capital de familia, pero desde otro punto de vista, se podría clasificar como un tipo de respuesta que utilizan las familias para mejorar sus ingresos. También, se enfatiza que aunque se determinara que el modelo teórico se ajusta a los datos, este representa solo uno de los muchos posibles modelos.

Metodología

Como se indicó anteriormente, los datos provienen de una investigación que se realizó en el año 2010-2011 en el CINPE-UNA. Para efectos de contraste, como parte de los objetivos del mencionado proyecto, se tomó una muestra de 250 productores de las zonas altas de León Cortes y 148 de las zonas bajas de la Península de Nicoya. La aplicación de las ecuaciones estructurales se realizó con los 398 casos.

Para la estimación de los parámetros se utilizó el software denominado Lisrel, versión cinco. Algunas variables como la migración se eliminaron de la base de datos, ya que sus valores no válidos afectaban negativamente el tamaño de la muestra. En algunas otras, se utilizó la imputación multivariable, para no perderlas completamente.

Resultados

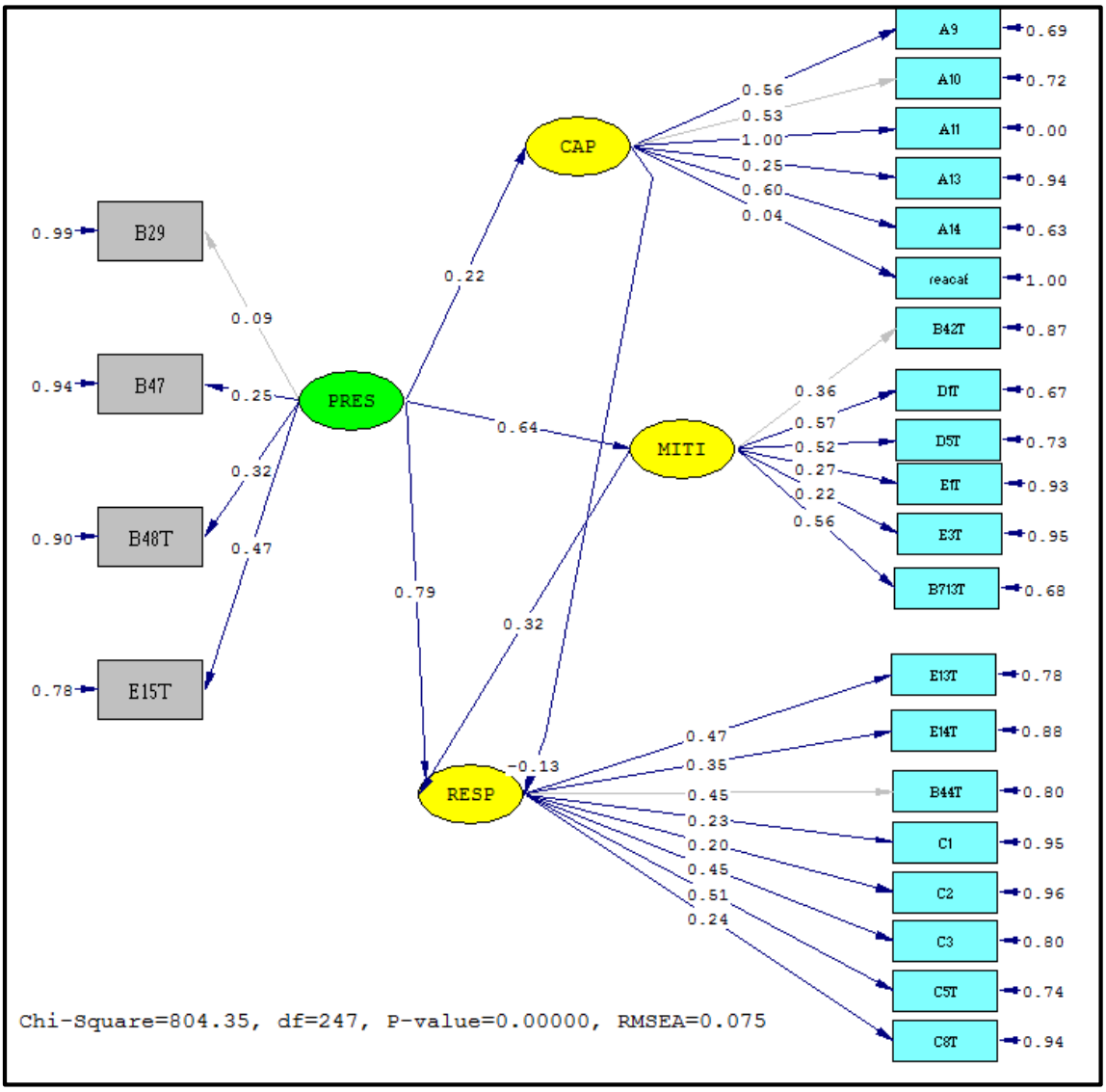
En primer lugar se tiene que la prueba de chi cuadrado (chi = 804.35, P=0.0) indica que el modelo teórico no se ajusta a los datos. Debido a que el estadístico de chi cuadrado es muy sensible a tamaños de muestra grandes, como en nuestro caso, (Cupani, 2012, pág. 10) recomienda acompañar este indicador con algunos otros indicadores de ajuste. El Error Cuadrático Medio Aproximado (RMSEA: Root Mean Square Error of Aproximation) resultó de 0.075 (se considera un buen ajuste cuando es menor a 0.09 y óptimo cuando es menor a 0.06). El índice de bondad del ajuste (GFI:

Goodness of Fit Index), que se interpreta como el coeficiente de determinación del análisis de regresión, fue de 0.86, lo que revela un ajuste bastante alto.

Las variables observadas se representan encerradas en rectángulos (figura 3). Las variables no observables (latentes) se representan encerradas en óvalos o círculos. En este modelo, la dimensión denominada "Respuesta" es la principal variable dependiente (en la terminología de los SEM, se le denomina las variables endógenas). Las dimensiones "Capitales de Familia" y "Mitigaciones" también son endógenas, al estar precedidas de una sola variable exógena: que en este caso está representada por la dimensión: "Presiones".

En esta figura se visualiza el modelo estructural que representa las relaciones entre las variables exógenas y las endógenas y el modelo de medición que está conformado por la forma en que fueron medidas, tanto las exógenas como las endógenas.

Figura 3. Modelo estructural de los Medios de Vida



Fuente: elaboración propia

Con respecto al modelo estructural, no se presentan relaciones entre los capitales de familia (CAP) y el factor mitigante (MITI), ya que la en la teoría no se establecen.

Con relación al modelo de medición, la dimensión o factor subyacente “Presiones” ha sido medido por medio de los indicadores B29 (Ha tenido pérdidas en la producción), B47 (Tiene plagas), B48T

(Total de tipos de plagas que le afectan) y E15T (Total de problemas que se le han presentado con el clima).

En la figura se observa que la variable total de problemas con el clima es la variable que posee una mayor carga factorial (0.47) con el constructo "Presiones", esto es muy interesante, ya que al preguntarles a los productores sobre las estrategias para contrarrestar los problemas que ocasionan los cambios en el clima, estos indicaron que prácticamente no podían generar ningún tipo de respuesta, ya que son problemas que se relacionan con sequías o lluvias torrenciales. Podría ser que al percibir que este tipo de problemas no los pueden controlar, genere una mayor "Presión" o preocupación, en comparación con las presiones que generan las plagas (B48T), ya que los productores mencionaban que las mantenían controladas (0.32). Hubiese sido interesante establecer si el modelo detectaba la posible presión que provocó la roya, en el último año, ya que fue difícil de controlar.

El factor "Capitales de Familia" fue medido por medio de los indicadores A9 (Total de hombres que conforman la familia), A10 (Total de mujeres que conforman la familia), A11 (Total de personas mayores de 11 años que conforman la familia), A13 (Total de personas en la escuela) A14 (Total de personas que aportan económicamente en el hogar) y Reacaf (Total de área destinada al café).

Los indicadores que poseen mayor carga factorial con "Capitales de Familia" lo representan, en primer lugar, "Total de personas que aportan en el hogar" (0.60), Total de hombres (0.56) y Total de mujeres (0.53).

Los factores mitigantes fueron medidos por medio de B24T (Total de nuevas variedades de café), D1T (Total de instituciones que han brindado apoyo financiero), D5T (Total de instituciones que

han brindado apoyo técnico), E1T (Total de fuentes de información de precios), E3T (Total de fuentes de información del clima) y B713T (Total de organizaciones a las que pertenece). Los indicadores que cargaron alto en este factor fueron Total de instituciones que han brindado apoyo financiero (0.57) y Total de organizaciones a las que pertenece (0.56).

La dimensión de respuestas fue medido por medio de los indicadores: E13T (Total de acciones cafetaleras para manejar los bajos precios), E14T (Total de acciones familiares para disminuir el gasto), B44T (Total de cambios en las prácticas agrícolas), C1 (Cambio de jornada cafetalera) C2 (Cambio en la cantidad de insumos para la producción) C3 (Cambio en la cantidad de personas contratadas) C5T (Total de nuevos frutales y hortalizas), C8T (Total de actividades nuevas para mejorar el bienestar familiar). Los indicadores que cargaron alto con relación a las "Respuestas" son Total de nuevos frutales y hortalizas (0.51) y Total de acciones cafetaleras para manejar los bajos precios (0.47).

Esperábamos relaciones altas y positivas entre los capitales de familia y las respuestas, a mayor capital de familia mayor grado de respuesta, nuestra hipótesis era que las familias grandes podrían generar más acciones, pero se determinó lo contrario, no solo una correlación baja, sino, inversa. A mayor capital familiar menor grado de respuesta. Al parecer, las familias grandes, con un número mayor de personas que contribuyen con los gastos familiares, necesitarán menos respuestas para enfrentar las presiones externas.

También se tenía como hipótesis que las respuestas iban a depender más de los capitales que de las presiones, ya que un tamaño más grande de familia o de área de producción facilitaría la incorporación de posibles respuestas, sin embargo, las respuestas están más asociadas a la percepción que poseen los productores de las presiones externas (0.79).

Conclusiones

Aunque la prueba de chi cuadrado muestra diferencias significativas entre la matriz de variancia covariancia teórica, este es un indicador muy sensible a muestras grandes. El índice de bondad de ajuste (GFI, Good of Fit Index) muestra un ajuste bastante alto del 86%; el cual es reforzado por la magnitud del Error de Aproximación Cuadrático Medio (RMSEA) que es de 0.07. Algunas variables se excluyeron del modelo, ya que poseían una gran cantidad de valores perdidos y su incorporación afectaba negativamente el tamaño de la muestra final. Por este motivo, no fue posible probar otros modelos que se habían pensado, antes de correr el algoritmo.

Se puede concluir que el modelo teórico de medios de vida posee un buen ajuste a los datos, sin embargo, este representa uno de muchos modelos que se podrían ajustar.

Se debe enfatizar que la propuesta de modelos alternativos tiene que estar teóricamente fundamentado, ya que podríamos generar modelos con altos niveles de ajuste, pero muy alejados de la realidad.

En el desarrollo de este proyecto, se invirtió mucho tiempo en la discusión y operacionalización del marco teórico, después de una revisión detallada del modelo de medición, se determinó que algunas dimensiones se trataron superficialmente, como el impacto de las políticas públicas de desarrollo e implicaciones regionales. De aquí la necesidad de que los indicadores respondan verdaderamente a cada una de las dimensiones o categorías de análisis que se utilizan en la investigación.

El análisis que se realiza mediante la aplicación de las ecuaciones estructurales permite comprender mejor las relaciones que se establecen en el marco teórico y esto facilita la incorporación de la

teoría en el análisis de los datos que se recopilan. En este sentido facilita comprender mejor cual es el aporte real y práctico de cualquier otra investigación.

Queremos hacer eco de las palabras de Cupani (2012, pág. 11): *Resulta sorprendente que los modelos sean comprobados exitosamente, dada la complejidad e incluso la delicadeza de la tarea*.

Bibliografía

Cupani, Marcos. “Análisis de Ecuaciones Estructurales: conceptos, etapas de desarrollo y un ejemplo de aplicación”. *Revista Tesis*, 2(1). Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de Córdoba, 2012: 186-199

Díaz, Rafael., Delgado, Antonio., y Jiménez, Gerardo. (2010) *¿Significa la altitud una ventaja para la sobrevivencia de las familias caficultoras frente a eventos externos?* En César. Romero Padilla (Ed.), Aportes al Enfoque de Cadenas Globales. Cochabamba, Bolivia: IESE-UMSS.

Díaz, Rafael., Eakin, Hallie., Castellanos, Edwin., y Jiménez, Gerardo. “Condiciones para la adaptación de los pequeños productores de café ante presiones económicas mediante procesos de “upgrading” en la cadena”. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 10. REDIBEC, 2010: 61-72. [Revista digital]. En: <http://www.redibec.org/IVO/rev10_05.pdf. > [Consultado el 30-05-14].

García, María. (2011). “Análisis causal con ecuaciones estructural de la satisfacción ciudadana con los servicios municipales”. Proyecto Fin de Master, Facultad de Matemáticas, Universidad de Santiago de Compostela, Máster en técnicas estadísticas, Santiago de Compostella. Obtenido de [Documento digital] <http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/proyectosfinmaster/proyecto_610.pdf>[Consultado el 20-04-14].