

UNIVERSIDAD TORCUATO DI TELLA

FACULTAD DE ECONOMIA

MAESTRIA EN ECONOMETRIA
MASTER THESIS

**DETERMINANTES DE LA
PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO A
NIVEL DEPARTAMENTAL
(BRECHAS DE PRODUCTIVIDAD
DEL TRABAJO)**

WILLIAM LIZARAZO MALAMBO

MARTIN GONZALEZ ROZADA
TUTOR

JUNIO 2014

Determinantes de la productividad del trabajo a nivel departamental (Brechas de productividad del trabajo)

William Lizarazo *

26 de junio de 2014

Resumen

Por medio de la aplicación de la metodología utilizada por Carlino y Voith (1992) se estudia para 24 departamentos de Colombia en el periodo 2008-2011 los determinantes de la productividad de trabajo medida ésta por medio de salario promedio por departamento. Dada la evidencia internacional se incluyen en el modelo variables como: la educación, densidad poblacional, especialización industrial (agrícola e industria manufacturera), inversión pública, tamaño del gobierno y violencia asociada al conflicto armado. La estimación del modelo da como resultado que solo la educación y las variables de especialización industrial son estadísticamente significativas. Al analizar las estimaciones de los parámetros estructurales del modelo se puede concluir que los efectos de todas las variables son menores que los del modelo reparametrizado, aunque su significancia estadística se mantiene.

Palabras clave: Productividad del trabajo, funcion de producción *CES*, efectos fijos, consistencia

Abstract

After Carlino and Voith's methodology implementation, we analyse the labor productivity in terms of average wage per department across a sample of 24 political local division through years 2008 to 2011. Following the international evidence, we include in our model variables such as education, population density, industrial specialization, government size and internal-conflict associated violence. Estimations yield that only education, agrobusiness specialization and internal violence conflict are statistically significant. It could be concluded that the effects of the model's structural parameter estimates are higher compared to the reparameterized ones, but its statistical significance still holds.

Keywords: Labor productivity, *CES* production function, fixed effects, consistency and robustness.

*El autor agradece los comentarios de Guillermo Ruiz Pava, Isidro Hernandez y Martin Gonzales Rozada
william.lizarazomalambo@alumni.utdt.edu

1. Introducción

Uno de los temas centrales en la economía regional es el estudio de las causas de las disparidades económicas y sociales que se generan en una zona geográfica determinada. En la nueva geografía económica se pueden identificar dos vertientes para explicar las disparidades. La primera, tiene como hipótesis que las brechas o disparidades entre unidades geográficas determinadas dependen del nivel de conformación de estas, donde el nivel más desagregado es la comparación entre países. La segunda vertiente sostiene que los determinantes de las brechas regionales son independientes del nivel de desagregación regional.

Si se tiene presente que a nivel nacional las políticas de un gobierno central afectan todos los entes regionales que la componen, se debe considerar variables generales que impactan el desarrollo económico de cada una de estas unidades. Pero al mismo tiempo, se debe tener presente la idiosincrasia institucional regional.

Al combinar tanto variables comunes (variables macroeconómicas) como variables que caracterizan aspectos particulares de cada región (niveles de educación, composición de la producción, población, niveles de violencia, etc) se puede realizar un estudio completo que dé cuenta de las relaciones que se generan entre los distintos entes territoriales.

De esta forma se estudian los posibles determinantes de la productividad del trabajo a nivel departamental para Colombia (que según la teoría del crecimiento económico la productividad es la clave del crecimiento y el desarrollo, Barro (1992)). Esto permite entender las disparidades regionales que se generan al interior del país.

La mayoría de trabajos sobre disparidades regionales en Colombia se concentran en determinar si las regiones o departamentos convergen hacia un mismo punto. Estudios como los de Cárdenas (1993), Pontón y Trujillo (1993), Birchenall y Murcia (1997), Bonet y Meisel (1999) entre otros, utilizan el modelo tradicional de la β y σ convergencia para concluir que a pesar de las disparidades regionales hay periodos donde se cumple la hipótesis de convergencia en el ingreso y otros donde no. En cuanto a las investigaciones sobre medidas de brechas o desigualdad en la distribución tanto de ingreso como en dotación de factores entre regiones se encuentran los siguientes trabajos. Attanasio, Goldberg y Pavcnik (2003) encuentran que en el periodo conocido como el de apertura económica (1990-1995) la distribución de los salarios a nivel regional se ve afectada por la reducción en las rigideces laborales, y que a partir de la demanda de nuevas habilidades laborales los retornos de la educación crecieron sustancialmente en este periodo. Bonet, et al (2008) estudian la interdependencia estructural entre departamentos por medio de un análisis de insumo-producto para detectar los vínculos regionales a nivel de producción. Encuentran que la demanda de Bogotá D.C. tiene una gran influencia sobre las economías regionales y que a partir de esta, se determinan economías centro-periferia. Al utilizar técnicas de análisis espacial, Mejía (2008) concluye que los departamentos con ingreso medio son más equitativos y guardan cierto grado de dependencia espacial, mientras que los departamentos con ingresos altos la desigualdad es más marcada y su distribución espacial no es clara. Al igual que Mejía (2008), Galvis y Roca (2010) refuerzan la conclusión que uno de los principales determinantes de las brechas que hay entre regiones en cuestión de ingreso y disparidades en índices como el NBI y el GINI es causa de los *clusters* espaciales de pobreza o más conocido como efectos de vecindario.

En cuanto a las brechas de productividad regional la mayoría de estudios toman como punto de partida la estimación de alguna función de producción agregada. Por ejemplo, Cárdenas, et al (1995) pone en evidencia que uno de los determinantes del crecimiento económico de largo plazo de Colombia es la inversión en infraestructura, ya que esta

aumenta la productividad de los factores de producción. Melo, Iregui y Ramirez (2006) estiman la productividad total de los factores usando la técnica de cointegración para un panel de datos. Ellos encuentran que los sectores más productivos son el de la industria de bebidas, fabricación de sustancias químicas industriales y fabricación de papel. Y los sectores con las productividades más bajas son: la fabricación de muebles y accesorios, prendas de vestir entre otros. Se encuentra que las áreas metropolitanas con mayor productividad son: a Cali, Barranquilla y Medellín, mientras que Pereira y Bucaramanga son las que presentan menor productividad. El estudio hecho por la Secretaria de Hacienda distrital (2003) arroja como principal resultado que Bogotá D.C. tiene en promedio una productividad laboral más alta que la del resto del país, pero en promedio, el crecimiento de la productividad laboral fue apenas del 1,18% anual para la década del ochenta y del 1,37% en la década del noventa.

Choudhry (2009) utiliza un panel de datos para 45 países en el periodo 1980-2005 para determinar los factores que explican la productividad del trabajo. Encuentra que los niveles de educación, profundidad financiera e inversión extranjera directa están positivamente relacionados con el crecimiento en la productividad del trabajo. Mientras que la inflación y una mayor participación del sector agrícola en el producto tienen un efecto negativo en la productividad del trabajo. Chávez y Fonseca (2012) estiman un modelo de fronteras estocásticas de producción para analizar la evolución de la eficiencia técnica ¹ a lo largo de diferentes niveles de agregación regional en México para el periodo 1988-2008. Encuentran que el efecto de la eficiencia técnica sobre la productividad del trabajo es mayor en las regiones del norte y centro del país y ha ayudado a reducir las brechas de productividad laboral entre estados. Decker, *et al* (2009) utilizan la metodología de Carlino y Voith (1992) para examinar los determinantes de la productividad laboral a lo largo de los 50 estados de Estado Unidos. Encuentran que variables como: la densidad de la población, educación y la estructura industrial influyen sobre la productividad laboral en cada estado.

En este documento se aplica la metodología de Carlino y Voith (1992) con el objetivo de determinar el conjunto de variables que causan las diferencias de productividad del trabajo de 24 de los 32 departamentos de la división política de Colombia. Dado que esta metodología utiliza el marco conceptual de la competencia perfecta, se propone una corrección teórica que sustenta el uso de ésta. Mediante el uso del estimador *plug in* y el método delta se obtienen estimaciones de los parámetros estructurales junto con los estadísticos que permiten realizar inferencia sobre estos.

Este trabajo se divide en cinco secciones. La primera, la introducción ya presentada donde se expone la revisión de la literatura nacional e internacional junto con los objetivos. En la segunda sección se plantea el modelo económico teórico utilizado, sus limitaciones y posibles soluciones empíricas. La descripción de la información y la estimación del modelo propuesto se presentan en la tercera y cuarta sección. En la última sección se presentan las conclusiones y las recomendaciones de política del estudio.

2. Modelo Económico

Para una modelación más flexible, Carlino y Voith (1992) utilizan una función de producción del tipo CES. Esta función de producción se supone constante en el tiempo e igual para cada uno de los departamentos colombianos. Siendo Q_{it} el producto interno del departamento i en el año t , A_{it} la productividad total de los factores, L_{it} la cantidad de

¹La eficiencia técnica se define como la proporción entre la producción observada y la producción potencial

trabajo y K_{it} el capital privado.

$$Q_{it} = A_{it} [\alpha L_{it}^{-\rho} + (1 - \alpha) K_{it}^{-\rho}]^{-(\beta/\rho)} \quad (1)$$

Al derivar parcialmente la ecuación 1 con respecto al factor trabajo, se obtiene su productividad marginal

$$\partial Q_{it} / \partial L_{it} = \alpha \beta L_{it}^{-(1+\rho)} A_{it} [\alpha L_{it}^{-\rho} + (1 - \alpha) K_{it}^{-\rho}]^{-(\beta/\rho)-1} \quad (2)$$

$$\partial Q_{it} / \partial L_{it} = \alpha \beta L_{it}^{-(1+\rho)} A_{it}^{-\rho/\beta} Q_{it}^{(1-\rho/\beta)} \quad (3)$$

Al suponer condiciones óptimas, Carlino y Voith (1992) igualan para cada estado el producto marginal del trabajo con el salario real promedio, y obtienen:

$$w_{it} = \alpha \beta L_{it}^{-(1+\rho)} A_{it}^{-\rho/\beta} Q_{it}^{(1-\rho/\beta)} \quad (4)$$

Al igual que Carlino y Voith (1992), se utiliza para cada uno de los departamentos considerados en la muestra, el salario real promedio como medida de la productividad marginal del trabajo. Pero a diferencia de esta metodología se reconoce que para utilizar la condición dada por la ecuación (4), es necesario que la economía se encuentre en una situación de óptimo uso de los factores productivos.

Imperfecciones del mercado laboral como los costos de búsqueda, problemas de agencia, externalidades o cualquier otra falla que impidan que la productividad marginal del trabajo iguale la tasa de salario ocasionan que la ecuación 4 no sea directamente aplicable.

Al tener en cuenta la anterior consideración, se propone a continuación una corrección teórica que sustenta la aplicación empírica de la metodología usada por Carlino y Voith. Esta corrección parte del hecho que existe una discrepancia e_{it} entre la tasa de salario real observada w_{it}^* y la tasa de salario real w_{it} que iguala la productividad marginal del trabajo.

Luego, la versión observada de la ecuación 4 está dada por:

$$w_{it}^* e_{it} = \alpha \beta L_{it}^{-(1+\rho)} A_{it}^{-\rho/\beta} Q_{it}^{(1-\rho/\beta)} \exp^{u_{it}} \quad (5)$$

Por la ecuación (5) sabemos que el salario promedio departamental observado difiere del que iguala la productividad marginal del trabajo, es decir, $w_{it}^* e_{it} = w_{it}$. Al tomar logaritmo natural a la anterior igualdad se tiene: $\ln(w_{it}^*) + \ln(e_{it}) = \ln(w_{it})$. Esta forma de modelación de la ecuación estructural tiene dos ventajas. Una teórica y una empírica. Por el lado teórico, se tiene en cuenta que el salario observado difiere del salario que iguala la productividad marginal del trabajo. Y por el lado empírico, al suponer que el error de medición (o funciones de este error) no está correlacionado con ninguna variable explicativa del modelo, la única consecuencia que tiene suponer una diferencia entre el valor observado y el teórico sobre las estimaciones es que estas tienden a tener un error de estimación más grande, sin importar que el salario promedio observado este por encima por debajo del teórico

El anterior efecto puede ser analizado de la siguiente forma: sea $w_{it}^* e_{it} = f(\cdot) \exp^{u_{it}}$ una función observable. Al tomar \ln se tiene $\ln(w_{it}^*) + \ln(e_{it}) = \ln(f(\cdot)) + u_{it}$. Luego $\ln(w_{it}^*) = \ln(f(\cdot)) + v_{it}$ donde $v_{it} = u_{it} + e_{it}^*$ con $e_{it}^* = -\ln(e_{it})$. Ahora bien si se supone que u_{it} y e_{it}^* son no correlacionadas, entonces $\text{var}(v_{it}) = \text{var}(u_{it} + e_{it}^*) = \sigma_u^2 + \sigma_{e^*}^2 > 0$.

Como se mencionó en la introducción, una de las principales causas que generan las diferencias regionales en la productividad del trabajo se originan, en gran medida, en las características individuales de cada región.

Estas características regionales se recogen en uno de los componentes que más influencia tiene sobre el crecimiento económico, que es, la denominada productividad total de los factores. El término A_{it} en la función de producción (ecuación 1) representa todos los factores diferentes al capital y el trabajo que afectan conjuntamente a Q_{it} . Luego, A_{it} puede ser visto como una función de variables que afectan la productividad del trabajo.

$$A_{it} = f(educ_{it}, denp_{it}, ei_{it}, ip_{it}, tg_{it}, vc_{it}) \quad (6)$$

$$A_{it} = educ_{it}^{\gamma_1} denp_{it}^{\gamma_2} ei_{it}^{\gamma_3} ip_{it}^{\gamma_4} tg_{it}^{\gamma_5} vc_{it}^{\gamma_6} \quad (7)$$

Donde $educ_{it}$ es la escolaridad, $denp_{it}$ densidad poblacional, ei_{it} especialización industrial, ip_{it} inversión pública, tg_{it} tamaño del gobierno y vc_{it} los niveles de violencia asociados al conflicto armado.

Al sustituir la ecuación 7 en la 5, reparametrizar² y tomar logaritmo natural se llega a la ecuación de estimación

$$w_{it}^* = \phi_0 + d_t \Gamma + \phi_1 \ln(educ_{it}) + \phi_2 \ln(denp_{it}) + \phi_3 \ln(ihhagro_i) + \phi_4 \ln(ihhindu_{it}) + \phi_5 \ln(ip_{it}) + \phi_6 \ln(tg_{it}) \\ + \phi_7 \ln(vc_{it}) + \phi_8 \ln(L_{it}) + \phi_9 \ln(Q_{it}) + z_{it} \Phi + c_i + v_{it} \quad (8)$$

Donde z_{it} es un vector que contiene las variables control (diferentes medidas de la calidad de educación y el coeficiente de desigualdad de gini) y c_i es un vector que contiene las características no observadas constantes en el tiempo (idiosincrasia regional, habilidades blandas, costumbres, etc).

3. Descripción de la información

El conjunto de información utilizado está compuesto por observaciones del tipo longitudinal, cuya dimensión en el corte transversal está determinada por 24 (incluyendo Bogota, D.C.) de los 32 departamentos que conforman la división política de Colombia. El periodo de análisis para cada una de las unidades de corte transversal está comprendido entre los años 2008 -2011 con una frecuencia anual.³

Dado que la variable que se explica es la tasa de salario promedio anual de cada uno de los departamentos es útil examinarla con más detenimiento.

El gráfico 1 muestra cómo cambia la distribución del salario promedio anual⁴ año por año. Como se puede ver en este gráfico, los picos de cada una de las distribuciones (que son los valores que concentran la mayor frecuencia relativa del salario promedio) no se alejan demasiado unos de otros, es decir, no parece haber cambios significativos en el promedio del salario promedio anual. De otro lado, los datos del salario promedio anual (con respecto a la distribución normal) parecen distribuirse simétricamente respecto al promedio y no muestran una gran concentración (excepto el año 2010).

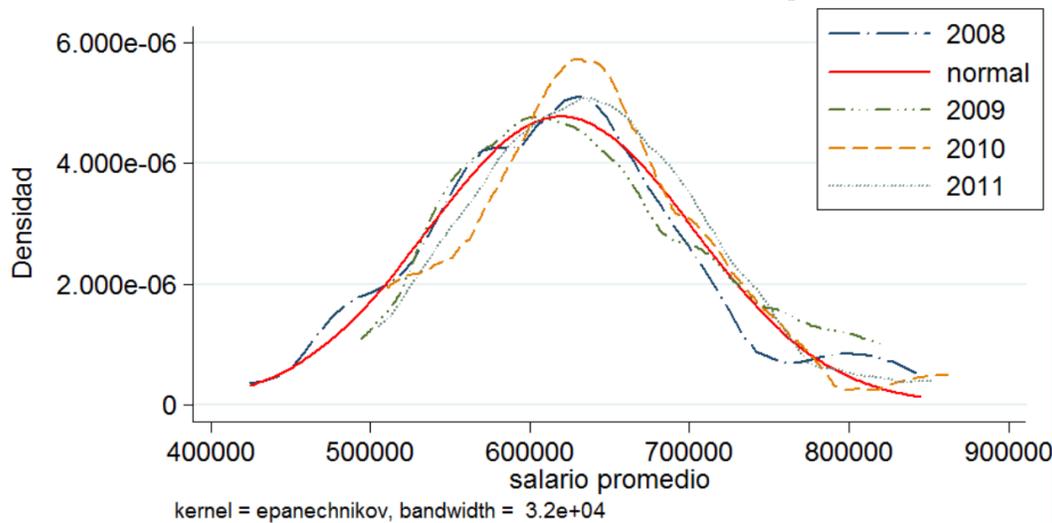
En la gráfica 2 se compara la posición inicial con la final del salario promedio anual de cada uno de los departamentos en el periodo de estudio. Como se puede ver, para departamentos con salario promedio alto al inicio del periodo de

²Donde $\phi_i = f(\gamma_i, \rho, \beta)$ para $i = 1, \dots, 9$.

³Se debe tener en cuenta que el panel de datos utilizado es del tipo balanceado en el sentido que no hay datos faltantes debido a problemas de selección de muestra o *attrition*

⁴La variable salario anual se construye de la siguiente forma: Para cada mes se toma el componente de ocupados de la GEIH (cabecera y resto) y se toman los valores correspondientes a la pregunta: Antes de descuentos ¿cuánto ganó ... El mes pasado en este empleo? que corresponde al código P6500. (se incluyen propinas y comisiones y se excluye viáticos y pagos en especie). Y por último se promedia por departamento los valores que toma esta variable. Para el modelo econométrico no se tiene en cuenta los factores de expansión

Gráfico 1: Estimación de la función de densidad del salario promedio anual



Fuente: cálculos propios basados en la ECH

análisis, solo La Guajira, Bogotá D.C. y Antioquia conservan posiciones similares, mientras que para los departamentos con salarios promedio intermedio y bajo, las posiciones al inicio y final del periodo varían considerablemente.

Una de las variables explicativas tradicionales del salario es el nivel de educación. En este trabajo se utiliza como medida de la educación los años de escolaridad promedio anual por departamento (promedio entre cabecera y resto del departamento) para personas de 15 o más años.⁵

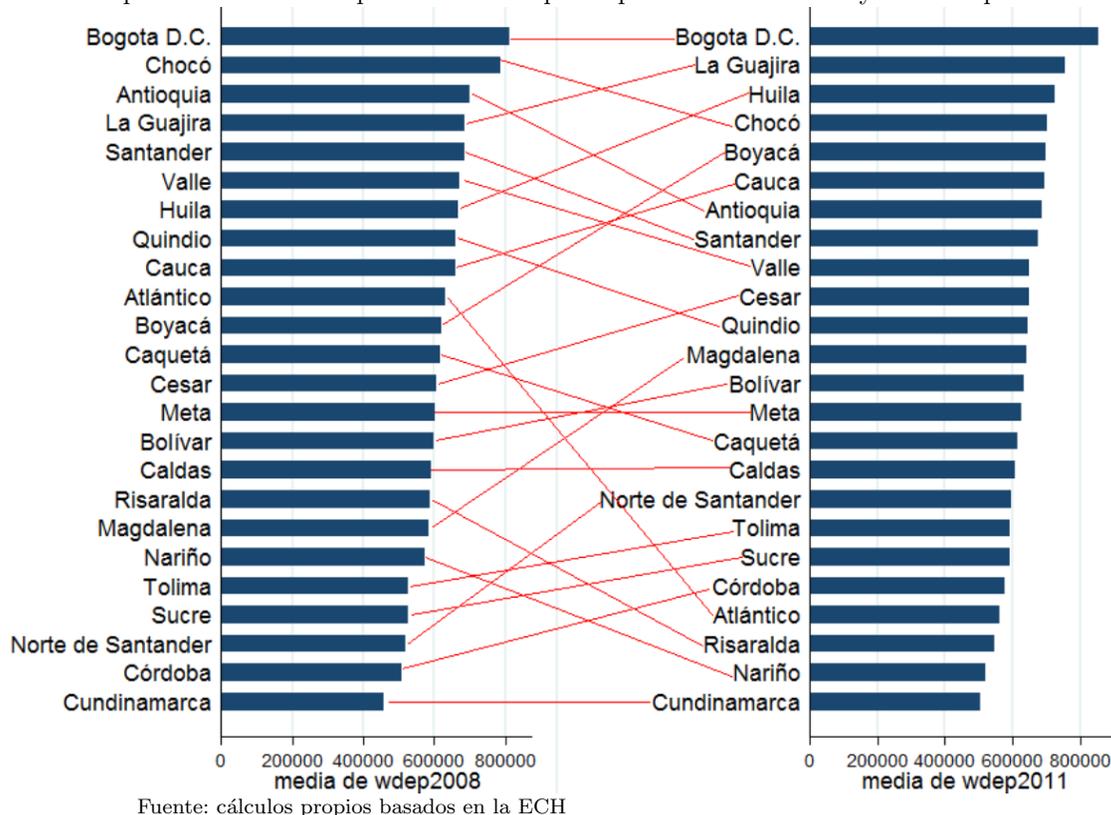
La densidad de la población es una muy buena medida de la cantidad del recurso mano de obra que hay en cada uno de los departamentos. Esta variable se mide a través de la relación entre el total de la población de cada departamento y el tamaño de este.

Para medir la especialización de la economía departamental se usa el índice de concentración Herfindahl-Hirschman (HHI) tanto para el sector agrícola como para el industrial. Este índice se calcula a partir de la suma al cuadrado de la participación porcentual de cada una de las actividades que componen el total de la industria agrícola y manufacturera.

La inversión pública concierne a los recursos que la nación transfiere año tras año a las entidades territoriales para financiar parte de los servicios y proyectos que cada entidad tiene bajo su responsabilidad. Estos recursos son asignados a través del Sistema Nacional de Participaciones para: Servicios públicos, vivienda de interés social, promoción de proyectos de desarrollo agropecuario, provisión de infraestructura de transporte, construcción y adecuación de centros de reclusión, etc.

⁵Keane, P y Wolpin (1997), Hoxby, C (1996), Keane, T.J; C.E. Rouse(1995) entre otros, ponen en evidencia que las variables de educación deben ser exhaustivamente controladas. En este trabajo, la variable educación es controlada incorporando a la ecuación de estimación variables de calidad de la educación como: la relación de alumnos por docente (promedio de la relación de alumnos por docente en las tres primeras etapas de escolaridad: preescolar, primaria y secundaria y media), relación de alumnos por docente con posgrado u otro título (promedio de los tres niveles escolares) y el puntaje del núcleo común (excluyendo idioma) de la prueba saber 11. Adicionalmente, se incluye el número de personas que obtuvieron un título de educación superior de alguna institución adscrita a cada uno de los departamentos considerados.

Gráfico 2: Comparación del salario promedio anual por departamento al inicio y final del periodo de estudio



Se toma como medida del tamaño del gobierno departamental, el gasto corriente ejercido (a precios constantes del 2005) como proporción del Producto Interno Bruto Departamental (PIB). La cuenta del gasto corriente de cada departamento contempla: los gastos de funcionamiento, funcionamiento de secretarías de educación y salud, pago de bonos pensionales, aportes al fondo de contingencias de las entidades estatales y los gastos operativos en sectores sociales entre otros.

Dado el gran número de estudios en los cuales se establecen los efectos de la violencia asociada al conflicto armado sobre las principales variables macroeconómicas (PIB, tasa de desempleo, inflación, etc), se incluye la variable conflicto armado a la ecuación de estimación. Esta variable corresponde a las ponderaciones de las cargas factoriales del primer componente principal de un conjunto de 16 variables que miden la intensidad del conflicto armado.⁶

⁶El análisis estadístico para la construcción de la variable conflicto se puede ver en el anexo 1

Tabla 1: Descripción de las variables y sus fuentes

Variable	Descripción	Fuente	Media	DesEst
wdep	salario promedio anual por departamento (pesos cte, 2005)	Gran Encuesta Integrada de Hogares, http://www.dane.gov.co/	633940.5	81025.77
educ	Años promedio de educación por departamento para la población de 15 años y más (promedio anual cabecera y resto)	Gran Encuesta Integrada de Hogares: Características generales, escolaridad, http://www.dane.gov.co/	8.6398	.5993
denp	Densidad poblacional: corresponde al número de habitantes en cada departamento dividido el tamaño (Km^2) de éste.	DANE http://www.dane.gov.co/ . Instituto Geografico: AAgustin CodAZzi, http://www.igac.gov.co/igac	494.43	903.20
IHHindui	Indice Herfindahl-Hirsman sector industrial: suma de cuadrados de las participaciones porcentuales de cada actividad industrial dentro del total de la industria	Cálculos propios a partir de las cuentas nacionales departamentales (precios constantes, 2005), DANE: http://www.dane.gov.co	6116.73	992.14
IHHagro	Indice Herfindahl-Hirsman sector agrícola: suma de cuadrados de las participaciones porcentuales de cada actividad de la industria agrícola dentro del total de la industria agrícola	Cálculos propios a partir de las cuentas nacionales departamentales (precios constantes, 2005), DANE: http://www.dane.gov.co	4016.67	1349.84
invpublica	La inversión pública corresponde a las asignaciones presupuestales contempladas en el Sistema General de Participaciones (miles de pesos, precios constantes, 2005)	Cálculos propios (llevar a precios constantes del 2005) https://www.dnp.gov.co/Programas/DesarrolloTerritorial/Finanzas/	676000000	455000000

tgobierno	Gastos corrientes departamentales como proporción del PIB(millones de pesos, precios constantes, 2005)	Cálculos propios a partir de los informes de viabilidad fiscal. http://www.minhacienda.gov.co/HomeMinhacienda/ asistenciaentidadesterritoriales Secretaria de Hacienda: http://impuestos.shd.gov.co/portal/page/portal/portal_internet_sdh/presupuesto/	0.0000448	0.0000235
vc	Ponderación de 16 variables que miden la intensidad del conflicto armado por medio de las cargas factoriales asociadas al primer componente principal	Cálculos propios a partir de la Datos del Conflicto Armado en Colombia del CERAC. http://www.cerac.org.co/es/	143.65	147.14
l	Número de personas ocupadas por departamento.	Gran Encuesta Integrada de Hogares(miles de personas), http://www.dane.gov.co/	784.59	805.23
Q	Producto Interno Bruto departamental (miles de millones de pesos, precios constantes, 2005)	Cuentas departamentales , http://www.dane.gov.co/	16982.59	23639.67

4. Resultados

Como se explicó anteriormente, el objetivo es establecer que variables explican las diferencias de los salarios promedio a nivel departamental. Para lograr tal objetivo se estima la ecuación 8. Ésta estimación determina el conjunto de variables, que según el modelo económico establecido, ocasionan las brechas en la productividad del trabajo, medida ésta por el salario promedio anual departamental.

Esta interpretación de los coeficientes del modelo difiere de la interpretación usual que ha utilizado el modelo económico propuesto. Aquí se considera que si una variable es estadísticamente significativa, ésta causa en promedio, las diferencias en el salario anual promedio departamental.

El método de estimación de la ecuación 8 radica principalmente (bajo el supuesto de exogeneidad estricta) en el supuesto de la relación entre la heterogeneidad no observada constante en el tiempo y las variables explicativas del modelo. Se supone a priori que tal relación existe, ya que es posible que las variables no observadas como las habilidades blandas, costumbres regionales, clima, etc; estén relacionadas con al menos una variable explicativa.

En la tabla 2 se resumen las pruebas de especificación del modelo propuesto. El *test* de Wald de homocedasticidad

Tabla 2: Pruebas de especificación del modelo

Prueba	<i>Estadístico</i>	<i>P – valor</i>
<i>test</i> de Wald (Homoscedasticidad $H0 : \sigma_i = \sigma$)		
$\chi^2(df : 24)$	2101.86	0.00000
<i>test F</i> ($H0 : \Gamma = \mathbf{0}$)		
$F(df : 3, 23)$	5.20	0.0069
<i>test</i> de Hausman ($H0 : \beta^{fe} = \beta^{re}$)		
chi-cuadrado($df : 14$)	46.13	0.00001
<i>test</i> de Hausman <i>robusta</i> ($H0 : \beta^{fe} = \beta^{re}$)		
$F(df : 14, 23)$	19.16	0.00001

Fuente: cálculos propios.

sugiere la existencia de varianza no constante en los errores del modelo. El *test F* indica que las variables de control de tiempo ($d2008 - d2011$) son en conjunto estadísticamente significativas. Por último, el *test* de Hausman y su versión robusta ante presencia de heteroscedasticidad muestran que los efectos no observados constantes en el tiempo están relacionados con las variables explicativas del modelo. Esto sugiere que el método de estimación consistente es el de efectos fijos.

En la tabla 3 se presentan las estimaciones del modelo propuesto.⁷ En la primera y segunda columna se comparan los resultados de la estimación del modelo (se incluyen los controles de tiempo) por los estimadores de efectos fijos (FE1) y efectos fijos generalizados factibles (FEFGLS). Este último estimador tiene la ventaja de ser más eficiente que el de efectos fijos si los supuestos de homoscedasticidad y no autocorrelación de los errores no se cumplen.

Según la muestra y el modelo considerado, las variables que explican las diferencias en el salario promedio departamental son: los niveles de educación, la especialización en la industria agrícola y la violencia asociada al conflicto armado (al tomar como referencia la estimación del modelo FE1). Como era de esperarse mayores niveles promedio de educación departamental inciden positivamente en el salario promedio. Esto quiere decir que las diferencias en el promedio de educación producen una mayor brecha en la productividad del trabajo a nivel departamental.

La concentración en la industria agrícola tiene un efecto negativo sobre el salario promedio anual. Una posible interpretación de este resultado es que a medida que un departamento se especialice cada vez más en el sector agrícola, el salario promedio tiende a caer.

El efecto sobre el salario promedio anual de la violencia asociada al conflicto armado (al tomar como medida el primer componente principal de 16 variables que miden la intensidad del conflicto) es negativo y significativo en casi todos los modelos estimados.

Es interesante notar que la variable control del índice de desigualdad del GINI es altamente significativa en todos los modelos aquí estimados y su efecto sobre el salario promedio anual departamental es siempre positivo.

⁷En el anexo B se presentan estimaciones de diferentes configuraciones de la ecuación de estimación

En la tercera y cuarta columna de la tabla 3, se encuentran las estimaciones del modelo al reducir el horizonte temporal a dos años.⁸ Se puede ver que los efectos parciales de la educación y la violencia asociada al conflicto armado sobre el salario promedio anual son mayores y su significancia estadística sigue siendo la misma.

Como la gran mayoría de trabajos que usan la metodología de Carlino y Voith, las estimaciones hechas hasta este punto se obtuvieron al estimar los parámetros de la ecuación 8. Como se mencionó, ésta ecuación es una reparametrización del modelo económico original, es decir, las estimaciones realizadas son sobre funciones (parámetros de la forma reducida) de parámetros del modelo estructural. Se debe tener en cuenta que si se quiere realizar algún análisis de inferencia causal sobre el modelo económico, es importante realizar éste sobre las estimaciones de los parámetros estructurales.

En la tabla 4 se presentan las estimaciones de los parámetros de la forma estructural del modelo. Estas estimaciones se obtienen a partir de la aplicación del estimador *plug-in*, estimador que usa las estimaciones de los parámetros de la *forma reducida*. Los errores estándar que se usan para hacer inferencia estadística sobre las estimaciones de los parámetros estructurales se calculan por medio de la aplicación del método delta.

Las estimaciones de los parámetros estructurales guardan los mismos signos y una significancia estadística similar a los parámetros de la “forma reducida”. Al tener en cuenta que los parámetros estructurales del modelo están en función de los parámetros de la “forma reducida”, nos podemos dar cuenta que para el caso de la estimación por medio de efectos fijos, las estimaciones son mayores (en valores absolutos) que los de la forma reducida. Mientras que para el caso de las estimaciones hechas por FEFGLS, las estimaciones de los parámetros estructurales son menores (en valor absoluto) que los de la forma reducida.

Adicionalmente, al aplicar el anterior procedimiento se logra obtener estimaciones de las elasticidades de sustitución de la función de producción. Esto en principio sirve para determinar qué tipo de función de producción describe mejor las economías departamentales. Por ejemplo, al tener en cuenta que la elasticidad de sustitución de la función de producción CES es $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$, entonces en principio la estimación de ésta elasticidad sería igual a: $\hat{\sigma} = \frac{1}{1+\hat{\rho}}$ la cual depende de la estimación del parámetro ρ . Dado que la estimación del parámetro ρ es estadísticamente diferente de cero, entonces se puede descartar que la función que mejor modela la producción departamental es del tipo Cobb-Douglas. A esto se suma que la estimación de este parámetro es menor que cero y cercano a menos uno, lo que quiere decir que los factores productivos trabajo y capital son altamente sustitutos.

5. Conclusiones y recomendaciones de política económica

Dada la muestra y el modelo económico considerado, las variables que explican las diferencias en el salario promedio departamental (medida de la productividad del trabajo) son: la educación promedio anual, la concentración en la industria agrícola (IHHAGRO), la violencia asociada al conflicto armado y el índice de desigualdad del ingreso GINI.

Según la revisión de la literatura las variables que son fuente de las disparidades salariales a nivel regional como: la densidad de la población, la inversión pública, el tamaño del gobierno; no mostraron ser estadísticamente significativas.

⁸Se debe tener en cuenta que la eficiencia de los estimadores de fe y fefgls es baja en muestra chica

Tabla 3: Estimación del Modelo de Brechas
 Variable dependiente: logaritmo del salario promedio departamental (lwdep)

Variable	Periodo:2008-2011		Periodo:2010-2011	
	FE1	FEFGLS	FE1	FEGLS
leduc1	1.148971*** (0.3069)	1.062098*** (0.2799)	2.893037*** (0.8835)	1.1699*** (0.3599)
ldenp	-0.3168184 (0.7024)	-0.311826 (0.6116)	-1.514282 (1.5703)	0.3098629 (0.645)0
lihhagro	-0.3692932* (0.2176)	-0.2669026 (0.1885)	0.3454641 (0.3232)	-0.0025986 (0.2257)
lihhindu	0.2197257 (0.1462)	0.1489994 (0.1697)	-0.1063421 (0.2961)	0.3705792** (0.1835)
linvpublica	-0.0176048 (0.0163)	0.0068496 (0.0142)	-0.0947695 (0.2701)	-0.0298599 (0.0220)
ltgobierno2	-0.0217336 (0.0494)	-0.0817988** (0.0383)	-0.0549088 (0.0849)	0.0246412 (0.0485)
lvioconf	-0.0241561** (0.0125)	-0.0189893* (0.0105)	0.0417119** (0.0199)	0.0059606 (0.0123)
ledusup	0.0432872 (0.0290)	0.0455886* (0.0249)	0.0294881 (0.0410)	0.0280174 (0.0228)
lcedu1	0.0644956 (0.2161)	-0.1255442 (0.1414)	-0.74380*** (0.2416)	-0.1544151 (0.2036)
lcedu2	0.3079376 (0.3173)	0.306273 (0.3059)	0.235728 (0.2261)	0.1290716 (0.1356)
lcedu3	-0.1009337* (0.0563)	-0.0531055 (0.0401)	-0.1561976* (0.0856)	-0.0771616 (0.0547)
lgini	0.9144322*** (0.2871)	1.100743*** (0.1801)	0.5979973* (0.3092)	1.0224*** (0.1955)
locupacin	-0.0940301 (0.1724)	-0.0557303 (0.1298)	-0.4139456 (0.3279)	-0.3363933* (0.1904)
lpibdep	0.0626174 (0.0995)	-0.0186522 (0.0816)	0.0726464 (0.1927)	0.1050817 (0.0709)
cons	13.46461*** (4.0463)	-0.0362162** (0.0178)	18.51553* (10.4782)	0.0022557 (0.0148)

d2009	0.0514349*** (0.0154)	0.0533741*** (0.0144)	-	-
d2010	0.021503 (0.0458)	0.0362379 (0.0430)	-	-
d2011	0.0367125 (0.0268)	0.054529** (0.0258)	-	-
N-obs	96	96	48	48
σ_v	0.04238	-	0.02572	-
σ_c	0.60257	-	2.87805	-
$corr(c_i; Xb)$	-0.9892	-	-0.9991	-
R2 within	0.5105	-	0.7376	-
between	0.5137	-	0.0016	-
overall	0.4611	-	0.0016	-

Fuente: cálculos propios. Errores estandar robustos en parentesis

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Luego, el objetivo de política económica es diseñar estrategias para que las variables que son estadísticamente significativas dejen de serlo⁹. Esto significa que las brechas salariales entre los departamentos no sean consecuencia de estas variables. Por ejemplo, en el caso de la educación una política económica que puede lograr el objetivo propuesto es la de aumentar a una tasa más rápida los años promedio de educación en los departamentos con bajos niveles de este indicador.

Al igual que en el caso de la educación, la especialización de la industria agrícola tiene un efecto negativo sobre el salario promedio anual departamental. Para lograr que las diferencias salariales dejen de ser “causadas” por esta variable una posible estrategia de política es diseñar una serie de incentivos para que los departamentos que se especializan en producir bienes con bajo valor agregado pasen a formar parte de la industria manufacturera. Esto no quiere decir que, por ejemplo, en el caso de los departamentos especializados en el sector agrícola estos dejen esta actividad económica, sino que sus productos deben llevar un mayor valor agregado.

Adicionalmente, en este trabajo se buscó corregir varios problemas teóricos como empíricos que usualmente se encuentran cuando se utiliza la metodología de Carlino y Voith. A nivel empírico se evidenció que la mayoría de las series utilizadas en la implementación de esta metodología (microeconómica) tienen una dimensión temporal demasiado larga. Esto acarrea principalmente tres grandes problemas. El primero, es que al ser el espacio temporal tan grande existe la posibilidad de que las series tengan problemas de no estacionariedad, lo que invalida los estadísticos de contraste de hipótesis¹⁰ Segundo, aun cuando las series tengan buenas propiedades estadísticas (estacionariedad, normalidad,

⁹Al reducir la varianza de las variables estadísticamente significativas, los estimadores tienden hacia cero, aumentando la probabilidad de no rechazar la hipótesis nula de la significancia estadística individual

¹⁰Por ejemplo, las series utilizadas en el trabajo de Decker, *et al* (2009) son claramente no estacionarias.

Tabla 4: Estimación del Modelo de Brechas (Parametros de la Forma Estructural)

Variable dependiente: logaritmo del salario promedio departamental (lwdep)

Variable	FE1	FEFGLS
lneduc(γ_1)	1.2257*** (0.3994)	1.0427*** (0.3186)
ldemp(γ_2)	-0.3380 (0.7671)	-0.3061 (0.6133)
lihagro(γ_3)	-0.3940* (0.2229)	-0.2620 (0.1847)
lihhindu(γ_4)	0.2344 (0.1660)	0.1463 (0.1721)
linvpublica(γ_5)	-0.0188 (0.0171)	0.0067 (0.0140)
ltgobierno(γ_6)	-0.0232 (0.0526)	-0.0803** (0.0376)
lvioconf(γ_7)	-0.0258* (0.0144)	-0.0186* (0.0109)
ρ	-1.0940*** (0.1724)	-1.0557*** (0.1298)
β	-1.1671*** (0.1662)	-1.0364*** (0.1268)

Fuente: cálculos propios. Errores estandar robustos en parentesis

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

ergodicidad, etc), es posible que con series de tiempo tan largas existan problemas por no incluir algún tipo de dinámica en el modelo (como rezagos de la variable explicada).¹¹ Y tercero, es muy posible que al tener un espacio temporal tan largo hallan variables no observadas relevantes que pueden ser constantes en periodos de tiempo cortos (habilidades blandas o costumbres), pero que pueden comenzar a variar en periodos largos de tiempo. Por las razones anteriores es que se utilizó para la estimación del modelo un horizonte temporal lo suficientemente largo para que haya variabilidad pero al mismo tiempo lo suficientemente corto para que tales problemas tengan una menor probabilidad de ocurrencia. A nivel teórico dos problemas se corrigieron. El primero, se propuso una corrección que justifica la aplicación del modelo económico fuera del marco de la competencia perfecta. Segundo, se pudo obtener estimaciones y estadísticos inferenciales

¹¹Esto invalida la consistencia de los estimadores de efectos fijos que son los que más se usan en la estimación de los parámetros del modelo económico propuesto.

de los parámetros estructurales dado que la mayoría de trabajos que usan la metodología de Carlino y Voith se centran en estimar los parámetros de la “forma reducida”. En este trabajo se evidenció la necesidad de obtener estimaciones de los parámetros estructurales del modelo económico, esto con el fin de poder realizar inferencia causal. Mediante el uso del estimador *plug-in* y el método delta se obtuvieron estimaciones de los parámetros estructurales. Como se pudo ver estas estimaciones tienden a ser mayores (en valor absoluto) que las de las estimaciones de los parámetros de la “forma reducida”. Adicionalmente, se pudo obtener la estimación del parámetro del rendimiento a escala β y el de la elasticidad de sustitución σ . Por último, dado que la estimación del parámetro de la elasticidad de sustitución es estadísticamente significativa y menor que cero, se puede decir los factores capital y trabajo son altamente sustitutos, lo que implica para cuestiones de política económica que en principio cualquier estímulo a algún factor productivo, ocasionará una rápida reasignación de recursos hacia el factor intervenido.

Referencias Bibliográficas

- [1] Attanassio, O.; Goldberg, P K. y Pavcnik, Nina. (2003), “Trade reforms and Income inequality in Colombia”, *NBER Working Paper* 9830 .
- [2] Jaison R. Abel ; Ishita Dey ; Todd M. Gabe, (2010), “Productivity and the density of human capita”, *Federal Reserve Bank of New York. Staff Reports* 440.
- [3] Barro,R.J, y X. Sala-i-Martin. (1992), “Convergence”, *Journal of Political Economy*,100 (2):223-251
- [4] Birchenall, Javier y Murcia, Guillermo. (1997), “Convergencia regional: una revisión del caso colombiano”,*Desarrollo y sociedad*, no. 40.
- [5] Bonet, J.; Haddad, E.; Perobelli, F y Hewings,G. (2008), “Structural Interdependence among Colombian Departments”, *Borradores de Economía Banco de la República*, no. 517.
- [6] Carlino,G y Voith, R. (1992), “Accounting for differences in aggregate state productivity”, *Regional Science and Urban Economics*, 22:597-617.
- [7] Cárdenas, Mauricio. (1993), “Crecimiento y convergencia en Colombia: 1950 1990”, *Planeación y desarrollo*, Vol 24, Edición Especial (dic. 1993), p. 53-80.
- [8] Cárdenas, M.;Escobar, A. y Gutiérrez, C. (1995), “La contribución de la infraestructura a la actividad económica en Colombia: 1950-1994”, *Ensayos sobre política económica*, No. 28.
- [9] Ciccone, A. and R. Hall. 1996. Productivity and the density of economic activity. *American Economic Review* 86: 54-70.
- [10] Choudhry Misbah. (2009), “Determinants of Labor Productivity: An Empirical Investigation of Productivity Divergence”, *University of Groningen*. Obtenido de <http://www.eea-esem.com/files/papers/EEA-ESEM/2009/2782/Determinants>
- [11] Decker, C.; Thompson, E y Wohar, M (2009), “Determinants of state labour productivity: the changing role of density”, *Journal of Regional Analysis and Policy*, 39 (1):1-10.
- [12] Hoxby, M (1996), “How teachers unions affect education production”, *Quarterly Journal of Economics*, 111, 671-718
- [13] Karras, G. (1997), “On the optimal government size in Europe: Theory and empirical evidence”, *The Manchester School*, Vol. LXV, No. 3.
- [14] Keane, T.J; C.E. Rouse(1995), “Labour-Market returns to two and four year colleges”, *American Economic Review*,85 600-614.
- [15] Keane, M.; K. I. E, Wolpin(1997), “The career decisions of young men”, *Journal of Political Economy*,105,473-522.
- [16] Mejía, Leonardo. (2008), “Diferencias regionales en la distribución del ingreso en Colombia”, *Documentos de trabajo sobre economía regional*,no 108.
- [17] Melo, L.;Iregui, A.y Ramirez, M. (2006), “Productividad regional y sectorial en colombia: un análisis utilizando datos de panel”, *Ensayos sobre política económica*, vol 25 no 53: 8-65.

A. Apendice

Para el cálculo de la variable de violencia se utilizó el método de componentes principales (primer componente principal). Este método de reducción de información maximiza la mayor cantidad de varianza dado un conjunto de variables. Se utilizó como fuente de información la base de datos del Centro de Recursos para el Análisis de conflictos (CERAC). La base de datos sobre el conflicto armado colombiano está compuesta por 16 variables que capturan parte de la intensidad del conflicto armado. Estas variables son: eventos de violencia, combates, combates sin ataques, ataques, acciones unilaterales (ataques sin combates), guerrilla, paramilitares o neoparamilitares, fuerzas estatales, combates fuerzas estatales-guerrilla, combates fuerzas militares-paramilitares o neoparamilitres, combates guerrilla-paramilitareso neoparamilitares, muertes totales, muertes civiles, muertes guerrilleras, muertes paramilitares o neoparamilitares y muertes fuerzas estatales.

Tabla 5: Porcentaje de la varianza explicada del primer componente principal

2008	2009	2010*	2011*
0.73669818	0.65442821	0.68591472	0.66251877

Fuente: cálculos propios (*sujeto a revisión, cálculos preliminares)

basados en la información del CERAC

Tabla 6: Cargas factoriales asociadas al primer componente principal

	Comp1 (2008)	Comp1 (2009)	Comp1 (2010)*	Comp1 (2011)*
Eventos	0.28665	0.30013	0.29118	0.29848
Combates	0.28243	0.30200	0.28954	0.29136
Combates sin ataques	0.28332	0.29568	0.28377	0.28518
Ataques	0.28069	0.29440	0.28258	0.29594
Acciones unilaterales (Ataques sin combate)	0.27845	0.28786	0.28111	0.29423
Guerrilla D	0.28466	0.29779	0.27196	0.25273
Paramilitares / Neoparamilitares D	0.22120	0.18639	0.19665	0.23982
Fuerzas estatales D	0.28320	0.30024	0.28282	0.28722
Combates Fuerzas estatales - Guerrilla	0.28020	0.30045	0.28046	0.27197
Combates Fuerzas estatales - Pa- ramilitares /Neoparamilitares	0.02137	0.11305	0.13881	0.22436
Combates Paramilita- res/Neoparamilitares - Guerrilla	0.11395	0.05847	0.14039	0.14158
Muertes totales	0.28356	0.22119	0.29048	0.27677
Muertes civiles	0.26288	0.10613	0.26159	0.25449
Muertes guerrilleras	0.27641	0.28900	0.23923	0.14930
Muertes paramilita- res/neoparamilitares	0.09517	0.13420	0.11852	0.11050
Muertes fuerzas estatales	0.25374	0.28286	0.24007	0.21549

Fuente: cálculos propios (*sujeto a revisión, cálculos preliminares)

basados en la información del CERAC

B. Apendice

A continuación se presentan las estimaciones de diferentes configuraciones del modelo de brechas. En este caso solo se presentan las estimaciones de efectos fijos sin incluir las variables dummies de tiempo.

Tabla 7: Estimación del Modelo de Brechas (varias configuraciones)
Variable dependiente: logaritmo del salario promedio departamental (lwdep)

Variable	FE	FE	FE
leduc1	1.4629*** (0.2786)	1.4359*** (0.2768)	0.9120*** (0.2899)
ldenp	-0.3691 (0.6685)	-0.1596 (0.6406)	- -
lihhagro	- -		-0.4563** (0.2215)
lihhindu	0.2521 (0.1561)	0.2382 (0.1591)	0.2428 (0.1523)
linvpublica	- -	-0.0196** (0.0087)	- -
ltgobierno2	-0.0408 (0.0371)	- -	- -
lvioconf	-0.0301** (0.0120)	-0.0293** (0.0119)	- -
ledusup	0.0381 (0.0329)	0.0369 (0.0322)	0.0500* (0.0278)
lcedu1	0.0552 (0.2375)	0.0613 (0.2383)	-0.0571 (0.2236)
lcedu2	0.2991 (0.3612)	0.2898 (0.3340)	0.4624 (0.3187)
lcedu3	-0.1195** (0.0574)	-0.1147** (0.0601)	-0.0451 (0.0528)
lgini	0.8536*** (0.3058)	0.8285** (0.3185)	0.9230*** (0.2773)
locupacin	-0.1514 (0.1629)	-0.1489 (0.1656)	-0.1044 (0.1233)
lpibdep	0.0836 (0.1059)	0.0968 (0.1035)	0.0283 (0.0834)

d2009	0.0528*** (0.0133)	0.0460*** (0.0133)	0.0565*** (0.0153)
d2010	0.0264829 (0.051533)	0.0170437 (0.0473519)	-0.0077659 (0.043008)
d2011	0.030931 (0.0224005)	0.0209041 (0.0252051)	0.0357962 (0.0259379)
cons	9.578122** (4.26035)	9.362736** (4.143301)	12.56928*** (3.372094)
N-obs	96	96	96
σ_v	0.04260	0.04252	0.0428
σ_c	0.59101	0.26627	0.7669
$corr(c_i; Xb)$	-0.9398	-0.9403	-0.9967
R2 within	0.4873	0.4892	0.4645
between	0.0973	0.2207	0.3345
overall	0.0921	0.2138	0.2997

Fuente: cálculos propios. Errores estandar robustos en parentesis

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$