

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales FLACSO Ecuador

Departamento de desarrollo, ambiente y territorio

Convocatoria 2011 – 2014

Tesis para obtener el título de doctorado en Economía del Desarrollo

Relaciones entre los salarios y la productividad en Colombia

Jhon Alexander Méndez Sayago

Asesor: Leonardo Vera Azaf

Lectores: Fernando Martín

Marco Missaglia

Pedro Romero

David Jacho

Quito, enero del 2017

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mis tres hijos por ser mi motivación de seguir creciendo en mi vida profesional, a Melissa quien estuvo a mi lado en todo el doctorado y a mi madre por su apoyo incondicional.

Tabla de contenidos

Resumen	X
Agradecimientos	XII
Introducción	1
Capítulo 1	6
Salario real y eficiencia del trabajo en el sector manufacturero en Colombia.....	6
1. Introducción.....	7
2. La teoría de salarios de eficiencia.....	10
3. La relación entre el salario, el esfuerzo del trabajador y el plusvalor: una concepción marxista	15
4. Salarios y productividad: revisión del estado del arte.....	23
5. Especificación del modelo estadístico y datos	27
6. Resultados de la estimación del modelo econométrico.....	31
7. Simulación del impacto del incremento en los salarios	37
8. Conclusiones.....	41
Capítulo 2	43
Análisis de causalidad y sensibilidad entre los salarios reales y la productividad laboral en el sector manufacturero a partir de cifras de los departamentos en Colombia	43
1. Introducción.....	44
2. La relación entre salarios y productividad	47
3. Datos	55
4. Resultados.....	59
4.1. Prueba de causalidad de Granger	62
4.2. Contabilidad de innovaciones	62
5. Conclusiones.....	65
Capítulo 3	66
Dinámica de los salarios en un mercado artificial del trabajo con agentes heterogéneos, salarios de eficiencia y racionalidad limitada	66

1. Introducción.....	67
2. Salarios de eficiencia.....	69
3. Algoritmos genéticos	72
3.1 Estructura y funcionamiento	74
3.1.1. Codificación	74
3.1.2. Selección	75
3.1.3. Reproducción.....	75
3.1.4. Cruce	76
3.1.5. Mutación	77
4. Modelo de mercado del trabajo	77
5. Simulación.....	80
5.1. Escenario de simulación 1.....	81
5.2. Escenario de simulación 2.....	83
5.3. Escenario de simulación 3.....	85
5.3.1. Análisis de sensibilidad del efecto del desempleo sobre el esfuerzo de los trabajadores.....	88
5.3.2 Efecto del salario mínimo	90
5.4 Escenario de simulación 4	90
Homogeneidad ($\sigma\beta^2 = 0,0$ y $\sigma\omega a^2 = 0,0$).....	91
Heterogeneidad en el parámetro de productividad ($\sigma\beta^2 = 0,6$ y $\sigma\omega a^2 = 0,0$).....	93
6. Conclusiones.....	96
Capítulo 4.....	99
Salarios, incentivos y producción intelectual docente en la universidad pública en Colombia. Un estudio con datos de los profesores de la universidad del valle	99
1. Introducción.....	100
2. Revisión literaria.....	102
2.1. Factores individuales	105
2.2. Factores Institucionales.....	107

2.3 Técnicas de estimación y unidad de análisis.....	108
3. Salarios e incentivos para la producción intelectual en la universidad pública en Colombia	109
4. Modelo de ciclo de vida para los profesores de la universidad pública en Colombia.	113
5. Datos	119
6. Estimación del modelo econométrico y análisis de los resultados	122
7. Conclusiones.....	131
Conclusiones	134
Lista de referencias	137

Lista de ilustraciones

Figuras

1.1 Circuito {D_M,M'_D}	16
2.1 Evolucion del salario promedio.....	50
2.2 Evolucion de la productividad promedio.....	51
2.3 Evolucion de la participacion de los trabajadores	51
2.4 Series de productividad y salario real por departamentos	56
2.5 Inverso de las raices del VAR(6)	60
2.6 Correlograma de los rezagos del VAR (6)	61
2.7 Funciones de impulso y respuesta	63
3.1 Cruze basado en un punto	76
3.2 Operador de mutacion.....	77
3.3 Salario promedio del mercado.....	82
3.4 Nivel de empleo promedio.....	82
3.5 Salario promedio del mercado ($\sigma_{\beta}^2 = 0,00$).....	84
3.6 Salario promedio del mercado ($\sigma_{\beta}^2 = 0,02$)	84
3.7 Salario promedio del mercado ($\sigma_{\beta}^2 = 0,05$).....	85
3.8 Salario promedio del mercado ($\sigma_{w_a}^2 = 2,0$)	86
3.9 Empleo promedio ($\sigma_{w_a}^2 = 2,0$).....	87
3.10 Tasa de desempleo($\sigma_{w_a}^2 = 2,0$).....	87
3.11 Promedio de beneficios ($\sigma_{w_a}^2 = 2,0$).....	87
3.8b Salario promedio del mercado (b=1.0)	89
3.9b Empleo promedio (b=1.0).....	89
3.8c Salario promedio del mercado (b=4.0)	89
3.12 Salario promedio del mercado ($\sigma_{\beta}^2 = 2,00$) y salario minimo	90
3.13 Salario promedio del sector 1.....	92
3.14 Salario promedio del sector 2.....	92
3.15 Empleo promedio del sector 2.....	92
3.16 Salario promedio del sector 2.....	93
3.17 Empleo promedio del sector 2.....	93
3.18 Salario promedio del sector 1	94
3.19 Salario promedio del sector 2.....	94

3.20 Empleo promedio del sector 1	95
3.21 Empleo promedio del sector 2.....	95
4.1 Dinamicas del stock de conocimiento y de las publicaciones.....	118
4.2 Fraccion de tiempo dedicada a la investigacion en cada simulacion	119
4.3 Efecto estimado del incentivo sobre la produccion intelectual calculado a partir de la estimacion tobit de los efectos aleatorios	129
4.4 Efecto estimado del incentivo sobre la produccion intelectual calculado a partir de la estimacion tobit de Vella y Verbeck	129
4.5 Efecto estimado del crecimiento porcentual del valor de punto salarial	130

Tablas

1.1 Estimacion de la funcion de produccion aumentada en salarios	34
1.2 Ranking de salarios de profesionales, ingenieros, tecnicos y tecnologos.....	35
1.3 Prueba de raiz unitaria de los residuales	37
1.4 Variacion porcentual de las ganancias ante un incremento en WOP del 1%	39
2.1 Pruebas de raiz unitaria sobre el logaritmo de la productividad	57
2.2 Pruebas de raiz unitaria sobre el logaritmo de los salarios	58
2.3 Prueba de raiz unitaria sobre la primera diferencia del logaritmo de la productividad.....	58
2.4 Estimacion del modelo VAR(6)	59
2.5 Test de Portmanteau de los residuales del VAR(6).....	61
2.6 Prueba de causalidad de Granger	62
2.7 Descomposicion de varianza.....	64
3.1 Valores de los parametros	79
3.2 Valores de los parametros	91
4.1 Valores de los parametros para la situacion del modelo en la linea base	115
4.2 Simulacion del modelo - linea base	116
4.3 Promedio anual en los puntos por productividad academica por facultad	120
4.4 Promedio anual en los puntos por productividad academica por nivel academico.....	120
4.5 Promedio anual en los puntos por productividad academica por produccion intelectual según categoria	121
4.6 Estadisticas descriptivas de las variables continuas	121
4.7 Modelo logit de efectos aleatorios para establecer los determinantes de la publicacion ..	123

4.8 Estimacion de modelos de ciclo de vida y de produccion intelectual	126
4.9 efectos marginales en los modelos de produccion intelectual	128

Declaración de cesión de derecho de publicación de la tesis

Yo, Jhon Alexander Méndez Sayago, autor de la tesis titulada Relaciones entre los salarios y la productividad en Colombia declaro que la obra es de mi exclusiva autoría, que la he elaborado para obtener el título de Doctorado en Economía del Desarrollo concedido por la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, FLACSO Ecuador.

Cedo a la FLACSO Ecuador los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, bajo la licencia Creative Commons 3.0 Ecuador (CC BY-NC-ND 3.0 EC), para que esta universidad la publique en su repositorio institucional, siempre y cuando el objetivo no sea obtener un beneficio económico.

Ecuador, enero del 2017.

Jhon A. Méndez
JHON ALEXANDER MENDEZ SAYAGO

Resumen

Esta tesis de doctorado está compuesta de cuatro artículos que tienen como propósito estudiar las relaciones entre los salarios y la productividad laboral en Colombia. Los dos primeros artículos denominados “*Salario real y eficiencia del trabajo en el sector manufacturero en Colombia*” y “*Análisis de causalidad y sensibilidad entre los salarios reales y la productividad laboral en el sector manufacturero a partir de cifras de los departamentos en Colombia*” aportan evidencia empírica sobre la dirección de la causalidad que va de los salarios a la productividad que es cuestionada por la economía ortodoxa. La evidencia pretende responder la pregunta ¿Elevar salarios puede mejorar la productividad y por lo tanto, es una medida adecuada de política económica?

En el primer artículo se estimó una función de producción aumentada en salarios, y se encontró una elasticidad del salario de los obreros y operarios de producción del 70%. Con la elasticidad salario estimada se simuló el efecto sobre los beneficios de una política de incremento del 1 % del salario. Se encontró que el 89% de los sectores manufactureros mejorarían sus ganancias con la política de incremento salarial.

El segundo artículo se encontró que la productividad tiene una respuesta significativa a choques exógenos sobre los salarios. Sin embargo, la descomposición de varianza que cuantifica el efecto encontró que es muy pequeño, lo que favorece las predicciones teóricas de la macroeconomía ortodoxa, que señala que aumentos en los salarios no tienen efectos sobre la productividad.

El tercer artículo “*Dinámica de los salarios en un mercado artificial del trabajo con agentes heterogéneos, salarios de eficiencia y racionalidad limitada*” trata de determinar los efectos de la heterogeneidad de firmas y trabajadores sobre la dinámica de los salarios y el empleo, en un contexto de salarios de eficiencia y agentes con racionalidad limitada. La ventaja al asumir la racionalidad limitada es que permite utilizar como instrumento de simulación los algoritmos genéticos, y así la dinámica del mercado del trabajo es gobernada solo por la competencia de las firmas por atraer trabajadores más hábiles o que se esfuerzan más.

El cuarto artículo “*Salarios, incentivos y producción intelectual docente en la universidad pública en Colombia. Un estudio con datos de los profesores de la Universidad del Valle*” es un ejercicio dirigido a analizar el tema de los incentivos o primas por desempeño sobre la

productividad intelectual de los profesores de la universidad pública en Colombia. En el artículo se estudian los determinantes de la productividad intelectual de los docentes, haciendo énfasis en el efecto del incentivo salarial por productividad intelectual y el efecto salario. Mediante estimaciones econométricas de modelos Tobit se encontró un efecto importante y significativo del valor presente del punto salarial, pero no se halló efecto positivo del salario sobre la producción intelectual. También se calculó el efecto del incentivo en función de la edad del investigador y el impacto de incrementos porcentuales en el valor del punto salarial.

Agradecimientos

El autor del presente trabajo agradece al profesor Leonardo Vera Azaf por su apoyo con la asesoría de este trabajo de grado, a Wilson Pérez por su acompañamiento en todo el proceso del doctorado.

Introducción

El salario es la principal fuente de sustento del trabajador, es el componente más alto de su ingreso, y tiene un efecto decisivo sobre el estándar de vida de su familia. La productividad es un factor determinante de la evolución de la calidad de vida de un país, así como un referente clave para la competitividad. Para su medición existen indicadores como la productividad laboral, que es la producción por número de ocupados o por horas-hombre. La productividad laboral es por tanto un indicador que muestra que tan bien se está desempeñando la fuerza laboral. El crecimiento de la productividad indica que se están produciendo una mayor cantidad de bienes en un periodo de tiempo determinado. No todo lo que produce la fuerza laboral se consume, una parte se invierte en productos que aumentan la fuerza laboral. Al aumentar la productividad laboral, las firmas pueden pagar más dividendos a sus accionistas, expandir su actividad y pagar salarios más altos.

No obstante, el párrafo anterior solo relata la visión unidireccional de la relación entre los salarios y la productividad laboral, propia de la economía ortodoxa. Desde un enfoque de economía heterodoxa, todavía cabe hacerse las preguntas: ¿Se puede afirmar que la relación causal entre productividad y salarios es sólo en una dirección? ¿Elevar salarios puede mejorar la productividad y por lo tanto, es una medida adecuada de política económica? ¿Qué ocurre si se eleva el salario de los trabajadores, sin que haya habido antes un aumento de la productividad?

Antes de dar respuesta a estos interrogantes es importante definir el significado del término productividad multifactorial. La productividad multifactorial o Productividad Total de Factores (PTF) es un concepto de productividad que no varía con el cambio en la intensidad del uso de los factores de producción. Sus movimientos expresan una variación en la producción obtenida a partir de una combinación fija de los factores. La PTF está determinada principalmente por los cambios tecnológicos, que incorporan el resultado de la investigación y el desarrollo, así como la evolución del conocimiento. También incorpora cambios en el uso de la capacidad instalada, las economías de escala, los efectos de la competencia imperfecta y los errores en la medición de la productividad del trabajo y el capital.

Existe una estrecha relación entre la productividad laboral y la productividad multifactorial. Una mayor producción por trabajador puede lograrse con el uso de más capital (por ejemplo

más maquinaria), o mediante el crecimiento de la PTF, es decir, por mejoras en la eficiencia derivadas de la combinación de capital y trabajo.

Retomando la pregunta de causalidad entre los salarios y la productividad laboral, de la teoría macroeconómica se deduce que la dirección va de la productividad a los salarios. La explicación es que los fundamentos del crecimiento de la productividad (PTF) son principalmente la tecnología y el conocimiento humano, variables cuya acumulación en el largo plazo no dependen de elevar artificialmente el salario, sino de otros incentivos. Así que el aumento del nivel de vida alcanzado en los países, es producto de haber desarrollado una tecnología que los hizo más productivos, y de tener unas instituciones que facilitan la evolución y transmisión del conocimiento que lo hace posible. Los salarios altos son solo la expresión de dicho nivel de vida alcanzado.

Desde esta óptica los aumentos salariales no generan el incremento de la productividad, sino un aumento en los costos de producción. En una economía cerrada, este sobrecosto se puede transferir vía precios a los consumidores, lo cual erosiona su salario real. En una economía con algún grado de apertura, los beneficios marginales empresariales caerían, poniendo en peligro la supervivencia de la empresa. Esto afecta el empleo, porque la empresa probablemente sustituiría el factor productivo que se ha encarecido relativamente, lo que presionaría los salarios a la baja.

¿Con que fundamento se puede proponer una medida de política económica de aumento de los salarios para elevar la productividad?

Existen muchas razones que microfundamentan el aumento de la productividad con la subida de los salarios: i. Salarios más altos motivan el esfuerzo de los trabajadores, reduciendo los tiempos necesarios para realizar tareas, y por tanto, los hace más eficientes ii. Salarios más altos atraen a los trabajadores más capaces y productivos, iii. Salarios más altos conducen a una menor rotación, lo que reduce los costos de contratación y de capacitación de nuevos trabajadores, iv. Salarios más altos reducen los problemas de disciplina y ausentismo, v. Las empresas con mayores salarios tienen que dedicar menos recursos al monitoreo del personal, vi. Cuando los trabajadores están excesivamente preocupados por sus ingresos rinden menos en el trabajo, vii. Mayores salarios están asociados con mejor salud, viii. Mayor satisfacción en el trabajo puede resultar en menos conflictos entre empresarios y grupos laborales, ix. Podría mejorar la reputación de la empresa entre los consumidores.

Esta tesis de doctorado incorpora un par de artículos que tienen como propósito aportar evidencia empírica sobre la dirección de la causalidad que va de los salarios a la productividad, que es la cuestionada por la economía ortodoxa. En el primer artículo “*Salario real y eficiencia del trabajo en el sector manufacturero en Colombia*”, se estimó una función de producción aumentada en salarios, y se encontró una elasticidad del salario de los obreros y operarios de producción del 70%. La variable de salario resultó significativa hasta con un nivel de significancia del 1%. Con la elasticidad salario estimada se simuló el efecto sobre los beneficios de una política de incremento del 1 % del salario. Se encontró que el 89% de los sectores manufactureros mejorarían sus ganancias con la política.

El segundo artículo denominado “*Análisis de causalidad y sensibilidad entre los salarios reales y la productividad laboral en el sector manufacturero a partir de cifras de los departamentos en Colombia*” encontró que la productividad tiene una respuesta significativa a choques exógenos sobre los salarios (es decir no afectados por la productividad). Sin embargo, la descomposición de varianza que cuantifica el efecto encontró que es muy pequeño, lo que favorece las predicciones teóricas de la macroeconomía ortodoxa, que señala aumentos en los salarios no tienen efectos sobre la productividad.

Como aporte común de este par de artículos se puede resaltar que no existen en Colombia estimaciones de antecedente, que hayan tenido como objetivo principal determinar el efecto de los salarios sobre la productividad. Por otra parte, un segundo aporte del primer artículo, consiste en la utilización de la variable rezagada *ranking de salarios de ingenieros técnicos y profesionales* como variable proxy de la cualificación de los trabajadores calificados en la estimación de la función de producción aumentada en salarios. El segundo artículo no incorpora aportes teóricos o metodológicos, pero resulta importante para la adecuada interpretación de los efectos del salario sobre la productividad estimados en el primer artículo.

Por otra parte, el mercado laboral es un mercado en el que lo que se intercambia, que es el trabajo, no es homogéneo. No se puede hablar de un mercado de trabajo único, sino de mercados con diferentes requerimientos y condiciones. Pero la heterogeneidad no solo se limita al puesto de trabajo, la oferta también es heterogénea, no solo en sus competencias y habilidades, lo es de la misma manera en su disposición hacia el trabajo.

Por eso en el tercer artículo “*Dinámica de los salarios en un mercado artificial del trabajo con agentes heterogéneos, salarios de eficiencia y racionalidad limitada*” trata de determinar los efectos de la heterogeneidad de firmas y trabajadores, sobre la dinámica de los salarios y

el empleo, en un contexto de salarios de eficiencia y agentes con racionalidad limitada. La ventaja al asumir la racionalidad limitada es que permite utilizar como instrumento de simulación los algoritmos genéticos, y así la dinámica del mercado del trabajo es gobernada solo por la competencia de las firmas por atraer trabajadores más hábiles o que se esfuerzan más, a través de la oferta de salarios.

Un primer aporte de este tercer artículo es la modelación desarrollada de un mercado del trabajo heterogéneo, mediante algoritmos genéticos, que no tiene antecedentes. El principal aporte es que la modelación permitió encontrar dos sendas de salario opuestas en el sub mercado del trabajo del sector menos productivo de la economía, así que no existe un único equilibrio estable. El aprendizaje inductivo del algoritmo genético puede conducir a una estrategia de salario bajo (alto), y mayor (menor) demanda de trabajo (con respecto a la línea base de homogeneidad). La estrategia de salario bajo es factible dado que la caída en el esfuerzo del trabajador, provocada por la disminución paulatina de salarios, es compensada por el efecto positivo sobre el esfuerzo, originado por las reducciones en la tasa de desempleo y el salario de referencia. Así que se concluye que en el mercado de trabajo de mano de obra menos calificada se podrían llegar a fijar salarios que estén inclusive por debajo del salario que equilibra el mercado.

Otro supuesto tradicional en el mercado laboral, es que si es posible vincular el salario al cumplimiento de objetivos (primas por desempeño), el esfuerzo de los trabajadores aumentará, y con ello la productividad laboral. El cuarto artículo “*Salarios, incentivos y producción intelectual docente en la universidad pública en Colombia. Un estudio con datos de los profesores de la Universidad del Valle*” es un ejercicio dirigido a analizar el tema de los incentivos o primas por desempeño sobre la productividad laboral.

Específicamente en el artículo en cuestión se estudian los determinantes de la productividad intelectual de los profesores de la universidad pública en Colombia, haciendo énfasis en el efecto del incentivo salarial por productividad intelectual y el efecto salario. Se encontró un efecto importante y significativo del valor presente del punto salarial, pero no se halló efecto positivo del salario sobre la producción intelectual. También se calculó el efecto del incentivo en función de la edad del investigador y el impacto de incrementos porcentuales en el valor del punto salarial.

Cabe destacar que no existen estimaciones de antecedente del impacto de los incentivos salariales sobre la producción intelectual docente en Colombia. La especificación del modelo

econométrico que permite estimar el impacto del incentivo también es propia, porque es formulado acorde a particularidad de la normatividad sobre los incentivos salariales de los docentes de carrera en la universidad pública en Colombia. En el mismo artículo también se formula un modelo de ciclo de vida para el profesor de carrera de universidad pública en Colombia, que también responde a dichas especificidades. El modelo sirve para predecir la dinámica del stock de conocimiento y publicaciones del profesor investigador, así como los efectos del incremento y del valor del punto salarial sobre el tiempo dedicado a la investigación, y por ende, sobre su producción intelectual.

Capítulo 1

Salario real y eficiencia del trabajo en el sector manufacturero en Colombia

Resumen:

Este artículo se propone encontrar evidencia empírica sobre la relación positiva que se teje entre los salarios y la productividad del trabajo para la industria manufacturera colombiana. Esta relación se sustenta en la teoría del status nutricional de Leibstein (1957) así como en la conjetura de la relación entre el salario y el valor de la fuerza de trabajo de Marx (1946). Para tal efecto se lleva a cabo un estudio con datos de panel que encuentra que el salario de los obreros y operarios de producción del sector manufacturero en Colombia incide en la productividad. Se estimó una función de producción aumentada en salarios mediante mínimos cuadrados en dos etapas para mitigar la endogeneidad, a partir de información de 61 sectores de la encuesta anual manufacturera para los años 2000-2011. Con la elasticidad salario estimada se simuló el efecto sobre los beneficios de los sectores manufactureros de una política de incremento del 1% del salario de los obreros y operarios de producción. Se encontró que el 89% de los sectores mejorarían sus ganancias con esta política.

Palabras Clave: Salarios de eficiencia, valor de la fuerza de trabajo, productividad laboral, función de producción aumentada en salarios.

JEL: J24, C52

1. Introducción

La moderación salarial recomendada por la economía ortodoxa es una de las políticas económicas más instrumentadas por los gobiernos para enfrentar con éxito la competencia internacional. Aparentemente los países enfrentan el siguiente trilema: mejorar la competitividad, aumentar de los salarios y reducir el desempleo. Como comentan Álvarez y Luengo (2011) para la ortodoxia de la economía la estrategia aludida de abaratamiento de los costos laborales, genera ganancias empresariales que constituyen el motor del proceso de acumulación, y en esa medida, mejora la capacidad competitiva de las empresas y crea las condiciones para el aumento de la demanda de empleo. Por tanto, el aumento de los salarios es un objetivo inconveniente que se descarta.

No obstante, desde la heterodoxia de la economía, existen otros argumentos igualmente importantes en contra de la moderación salarial, y que apuntan hacia el hecho de que el ingreso laboral es un insumo fundamental para el bienestar individual y de la familia, que se refleja en el esfuerzo del trabajador.

Montesinos (2000) afirma que para Marx, si el salario percibido por los trabajadores es inferior al Valor de la Fuerza de Trabajo (VFT), su capacidad productiva disminuye y por tanto, los avances técnicos alcanzados no son aprovechados plenamente, generando ineficiencia técnica.

La teoría de salarios de eficiencia que tiene su inspiración en Leibenstein (1957), afirma que existe una relación entre el ingreso del trabajador y su nutrición, y entre ésta y la productividad. Citando a Venegas y Rodríguez (2009), el argumento de Leibenstein (1957) es que la cantidad de trabajo que un individuo puede realizar depende de sus niveles de energía, salud y vitalidad, los cuales a su vez dependen directamente del valor nutritivo de su alimentación. Leibenstein deduce a partir de estudios empíricos, que un aumento del salario a los trabajadores pobremente nutridos, que les permita aumentar el contenido calórico de su dieta, puede hacerlos más productivos, y que entre más bajos sean los niveles de ingestión, las mejoras en la nutrición provocan incrementos más altos en la productividad.

Es claro que ambos conceptos, el del Valor de la Fuerza de Trabajo de Marx y la teoría nutricional de Leibenstein, apuntan a que existe una relación positiva entre el salario y la

productividad laboral. Cabe entonces preguntarse ¿el aumento de los salarios reales afecta positivamente la productividad del trabajo en el sector manufacturero en Colombia? ¿Cuáles son sus resultados sobre la plusvalía?

Las preguntas se dirigen al sector manufacturero por la disponibilidad que existe de información industrial durante varios años, clasificada por sectores, lo cual consolida un volumen de información pertinente para la evaluación empírica de la relación entre salarios y productividad.

En Colombia existen pocos estudios con investigación empírica sobre la relación entre salarios y productividad del trabajo.

Un estudio conducido por el Departamento Nacional de Planeación (DPN¹ 2000) estima como un hecho estilizado que en Colombia, en los años 90 el costo relativo por trabajador aumentó, y ese aumento no estuvo acompañado por aumentos de la productividad, lo que implicó una pérdida relativa de competitividad. La productividad de los trabajadores industriales cayó, mientras que sus salarios crecieron por encima de su productividad. Esa conclusión se apoya en el estudio de Farné y Nupia (1998). No obstante, aunque este hecho estilizado objeta la teórica relación positiva entre el salario y la productividad laboral, la investigación de Farné y Nupia (1998) no aporta evidencia empírica concluyente que refute la hipótesis de causalidad de los salarios a la productividad. Se trata simplemente de una observación que se deduce a partir de estadísticas descriptivas y las tendencias de las series agregadas de productividad y salarios del país.

Iregui, Melo y Ramírez (2010) a partir de una encuesta a nivel de firmas, encontraron rigideces a la baja de los salarios reales en épocas de difícil situación económica o financiera de las empresas colombianas. Las razones más importantes para no reducirlos tenían que ver principalmente con la teoría de salarios de eficiencia. También descubrieron que las empresas perciben que el nivel salarial constituye el factor más importante para mejorar el esfuerzo y la motivación de los trabajadores, lo cual es consistente con la idea de no reducir la remuneración básica en situaciones difíciles, para no afectar la productividad de la empresa.

¹ Departamento Nacional de Planeación

La investigación revela la percepción de la dirigencia empresarial de que efectivamente existe una relación positiva entre el salario y el esfuerzo del trabajador que afecta su productividad.

Díaz, Gamboa, Romero y Novoa (2008) encontraron que el aumento en los ingresos laborales afecta directamente el crecimiento del PIB en Colombia, y estimaron que al aumentar en 1% la remuneración de los asalariados se aumenta 0.43% el PIB. Sin embargo, las conclusiones de dicho estudio son cuestionables, porque el efecto estimado podría ser atribuido a un efecto redistributivo en la renta nacional que impacta la demanda agregada y no estar relacionado con cambios en la oferta. En general, los autores no tienen en cuenta la potencial endogeneidad de los salarios por simultaneidad o por la posible omisión de variables relevantes en la ecuación de crecimiento del PIB correlacionadas con el salario.

En este artículo se estima una función de producción aumentada en salarios que aporta evidencia empírica de la causalidad de los salarios sobre la producción en Colombia. El impacto se estima sobre la producción por no ser el esfuerzo una variable observable. La estimación del modelo se hizo utilizando un conjunto de datos panel con información de la producción, el empleo, los salarios pagados, la inversión y el total de activos para los años 2000-2011 de 61 grupos industriales de la encuesta anual manufacturera.

El estudio toma en cuenta que la variable salario puede ser en teoría endógena en la especificación econométrica de la función de producción aumentada en salarios, y esto al menos por dos razones: i. Por la existencia de diferencias no observadas en la calidad del factor trabajo, ii. Por simultaneidad.

La endogeneidad surge en el primer caso, porque la variable omitida heterogeneidad no observada en la calidad del factor trabajo puede estar correlacionada con la variable salario, ya que es posible que los grupos industriales que pagan mejores salarios contraten los trabajadores más calificados. Para evitar este problema se incluye una variable de ranking de salarios de las firmas rezagado un periodo, como proxy de la calidad del factor trabajo contratado por cada grupo industrial.

Iregui, Melo y Ramírez (2010) encontraron que el 57% de las empresas en Colombia complementan la remuneración básica de sus trabajadores con pagos variables, como bonos por resultados, comisiones técnicas y por ventas y porcentaje de ganancias de la empresa.

Como los pagos variables dependen de la productividad del trabajador, una parte del salario depende de sus resultados, así que existe simultaneidad entre la producción y los salarios. También encontraron evidencia de la teoría de reparto de rentas. La convención colectiva y la situación financiera de la empresa son los principales factores que determinan el aumento de salarios de los empleados. Lo que implica causalidad de la productividad de las firmas a los salarios de los trabajadores, a través de la negociación colectiva. La causalidad de la productividad a los salarios configura en segundo caso de endogeneidad.

Este artículo utiliza mínimos cuadrados en dos etapas para mitigar el problema de endogeneidad que provoca la incorporación de los salarios en la función de producción, y para evitar el sesgo en los estimadores por causa del error de medición que implica utilizar la variable de ranking de salarios como una proxy de la calidad del factor trabajo.

Este artículo está organizado de la siguiente forma: el primer capítulo expone los principales argumentos de la teoría de salarios de eficiencia que sustentan la posible relación bidireccional entre los salarios y la productividad laboral. En el segundo capítulo se explica y modela la relación entre salario, esfuerzo y ganancias de los capitalistas siguiendo el enfoque marxista. En el tercer capítulo se expone una revisión del estado del arte de los ejercicios econométricos para la estimación del impacto de los salarios sobre la productividad laboral. En el cuarto capítulo se especifica el modelo estadístico y los datos. En el quinto capítulo se presentan los resultados de la estimación del modelo econométrico, y en el capítulo 6 se simula el impacto sobre las ganancias empresariales de una política de incremento de los salarios, para finalmente presentar las conclusiones.

2. La teoría de salarios de eficiencia

“Por salario de eficiencia se entiende que el salario recibido por los trabajadores es función de la eficiencia o productividad del trabajo. A la vez, los salarios estimulan la productividad de los trabajadores”. (Desormeaux 2010, pág. 1). En su definición el autor plantea una causalidad bidireccional entre los salarios y la productividad, de lo cual se deduce según Caraballo (1996) que las rigideces salariales no surgen únicamente por la presión de los trabajadores, sino es el resultado de una conducta maximizadora de la firma.

La teoría de salarios de eficiencia es un concepto adoptado por el nuevo Keynesianismo, para explicar el desempleo involuntario a partir de la formación de salarios por encima del salario

que vacía el mercado. Mientras los primeros contribuyentes a la teoría sugirieron tomar en cuenta los efectos de la nutrición sobre el esfuerzo variable, midiendo el trabajo en unidades de eficiencia y no en horas², los Nuevos Keynesianos se han apoyado en razonamientos adicionales como los efectos del salario sobre la motivación y los incentivos al trabajo.

Fonseca y Magallón (2007, pág.3) citando a Romer (2002) manifiestan: “el rasgo característico de los modelos de salarios de eficiencia es que el pago de un salario elevado no solo genera mayores costos para la empresa sino también mayores beneficios”.

Pero es interesante hacer notar, como señala Altman (2007) que la relación causal positiva entre los salarios y la eficiencia de los trabajadores fue sugerida primero por economistas ilustres como Adam Smith and Arthur Pigou.

Por ejemplo se señala:

“The liberal reward for labour, as it encourages the propagation, so it increases the industry of the common people. The wages of labour are the encouragement of industry, which, like every other human quality, improves in proportion to the encouragement it receives. A plentiful subsistence increases the bodily strength of the laborer, and comfortable hope of bettering his condition, and of ending his days perhaps in ease and plenty, animates him to exert that strength to the utmost. Where wages are high, accordingly, we shall always find the workmen more active, diligent, and expeditious, than where they are low”³ (Smith 1937,81)

A partir del párrafo anterior Altman (2007) concluye que Smith consideraba que el esfuerzo del trabajador no era fijo en su nivel máximo, sino una variable dependiente afectada por las condiciones de trabajo.

Altman (2007) cita a Pigou (1957) donde el autor afirma que en contra de la visión del mundo dominante, las capacidades humanas están predeterminadas biológicamente, y que los aumentos en el ingreso de los menos favorecidos, sirve para incrementar su productividad por las mejoras en su nutrición y salud.

²De ahí el nombre de salarios de eficiencia (Bowles, 2004)

³ “La recompensa liberal para el trabajo, ya que favorece la propagación, por lo que aumenta la industria de la gente común. Los salarios de los trabajadores son el fomento de la industria, que, como cualquier otra cualidad humana, mejora en proporción al estímulo que recibe. Una subsistencia abundante aumenta la fuerza física del trabajador, y la esperanza de mejorar su cómoda condición, y de poner fin a sus días tal vez en la facilidad y abundancia, lo anima a ejercer esa fuerza al máximo. Donde los salarios son altos, por lo tanto, encontraremos siempre a los obreros más activos, diligentes y expeditos, que donde son bajos”

Sin embargo, autores como Haddad y Bouis (1991), Caraballo (1996), Venegas y Rodríguez (2009), González (2008), Altman (2007) consideran que la teoría de salarios de eficiencia moderna tiene su inspiración en los planteamientos de base de Liebenstein (1957).

Leibenstein (1957) establece que existe una relación clara entre las rentas del trabajo y la ingesta de calorías y por lo tanto, entre las rentas del trabajo y la productividad. Basándose en la evidencia empírica, señala que existe evidencia de una fuerte relación estadística entre la ingesta calórica y la productividad. Liebenstein utiliza el incremento en los salarios reales como una proxy para aumentar el bienestar nutricional de los trabajadores, suponiendo que un aumento de salario se traduciría en una mayor ingesta nutricional de los trabajadores, que repercutiera positivamente en sus condiciones físicas y de salud, y que esto último dará lugar a niveles de esfuerzo más altos.

Altman (2007) cita a Liebenstein (1968) para comentar que Liebenstein concluyó que debido a que los aumentos en el salario real afectan positivamente la productividad, influyen también en los beneficios de la empresa (o del propietario en una sociedad agrícola) de una manera mucho más compleja que lo que se modelaba en el modelo convencional donde se consideraba el esfuerzo invariante a los cambios en el salario. Contrariamente a los supuestos de la sabiduría convencional, ni las fuerzas del mercado ni la inherente disposición de los agentes económicos, garantiza que el esfuerzo se fija en algún máximo ideal.

Sin embargo, para Liebenstein aunque el aumento de los salarios hasta cierto punto mejoraba el beneficio de la empresa, existía cierto nivel de salario en el cual se revierte la tendencia, e incluso antes de llegar a este punto, la cantidad de trabajo realizado por el hombre aumenta proporcionalmente menos que el incremento de salarios (Altman, 2007).

Solow (1979) es pionero en la conceptualización y formalización de la teoría de los salarios de eficiencia (González, 2008; Venegas y Rodríguez, 2009; entre otros). Su modelo supone una relación directa entre el salario que recibe el trabajador y su productividad, lo que incide en lo que Solow llamó trabajo efectivo. Solow concluye que el salario real óptimo a pagar por la firma, depende de la especificación de la relación entre salario y esfuerzo, y no de la relación entre la oferta y demanda del mercado de trabajo que asume la teoría neoclásica.

Para obtener esa conclusión, Solow (1979) define una función de producción, en la que el volumen de producción $\{q\}$ de la empresa depende tanto del número de trabajadores contratados $\{L\}$ como del esfuerzo de estos $\{n\}$.

$$q = q(nL)q'(\cdot) > 0, q''(\cdot) < 0 \quad (1)$$

Después introduce la hipótesis clave de los modelos de salario de eficiencia, donde el esfuerzo es una variable que depende positivamente del salario $\{w\}$ que paga la empresa:

$$n = n(w)n'(w) > 0 \quad (2)$$

El problema al que se enfrenta la empresa representativa es entonces la maximización de sus beneficios:

$$\max_{L,w} \pi = p * q(n(w)L) - wL \quad (3)$$

Donde $\{p\}$ es el precio.

La empresa decide cuanto trabajo contratar y cuanto salario pagar a sus trabajadores maximizando su beneficio. La solución óptima de este problema de maximización corresponde al punto en que la elasticidad del esfuerzo respecto al salario es igual a uno⁴, lo que significa que un aumento del salario en un 1% incrementa el esfuerzo en un 1%. Esto es lo que se conoce como la condición de Solow:

$$e'(w) * \frac{w}{e} = 1 \quad (4)$$

Como afirma Caraballo (1996), de esta expresión matemática se desprende que el salario de eficiencia depende únicamente de las características que tenga la relación salario-productividad y no de las condiciones de la oferta y demanda del mercado.

Si todas las empresas actúan de la misma forma y pagan salarios de eficiencia, y ese salario óptimo está por encima del salario que vacía el mercado, se generará desempleo involuntario, ya que aunque los trabajadores cesantes estuvieran dispuestos a trabajar por un salario menor, las empresas no los contratarían porque una disminución del salario significaría una reducción de sus beneficios.

⁴Lin y Lai (1994) demostraron con un modelo de optimización intertemporal, que a menos que no existan costos de rotación y la tasa de renuncia voluntaria sea independiente de la oferta salarial, la elasticidad esfuerzo-salario es menor que la unidad.

Además de la teoría nutricional de Leibenstein (1957), existen otros argumentos que pueden esgrimirse para defender el supuesto de que la productividad de los trabajadores depende positivamente de los salarios y/o por qué las firmas están dispuestas a pagar salarios de eficiencia, generando desempleo involuntario y diferencias salariales entre trabajadores con las mismas habilidades y funciones.

- i. Para evitar la holgazanería (shirking): Estos modelos se basan en las dificultades que pueden encontrar las empresas para regular y controlar el esfuerzo de sus trabajadores (González, 2008). El jefe puede pagar un salario de eficiencia para incrementar el costo de la pérdida del trabajo, y así mediante la amenaza de despido prevenir la holgazanería e incentivar a los trabajadores a desempeñar sus tareas con la intensidad requerida por la empresa. Los aportes más destacados a esta línea de investigación son Calvo (1979), Eaton y White (1982), Bullow y Summers (1986), Shapiro y Stiglitz (1984), entre otros.
- ii. Minimizar el costo de rotación laboral (Turnover): En este modelo la tasa de renuncia de los trabajadores depende negativamente del salario. Según Salop (1979) como perder un trabajador es costoso para la empresa porque lo debe reemplazar, las firmas pueden optar por pagar salarios superiores a los de equilibrio del mercado de trabajo, con lo cual genera condiciones de lealtad, eliminan el incentivo para que los trabajadores abandonen la empresa, y los induce a esforzarse.
- iii. Selección adversa: Teniendo en cuenta que los trabajadores son heterogéneos en cuanto a su habilidad, y suponiendo que los trabajadores más capacitados tienen salarios de reserva (el mínimo aceptable por el trabajador) más altos, y la empresa no puede medir fácilmente las habilidades de sus candidatos a un puesto de trabajo, un salario más alto genera un mecanismo de autoselección que atrae a los trabajadores con más habilidades. Cualquiera que intente ofrecerse a trabajar por un salario menor será señalado como ineficiente (Rodríguez, 2009). Los principales exponentes de este enfoque son Guash y Weiss (1980), Greenwald y Stiglitz (1986) y Stiglitz (1976) entre otros.
- iv. Teorías sociológicas: Los salarios de eficiencia pueden ser resultado de tradiciones. El esfuerzo de un trabajador depende de las normas laborales de su grupo. Las empresas,

según este tipo de modelos, pueden pagar salarios más altos que el equilibrio por razones de equidad interna o la lealtad de los empleados, con el objeto de elevar los estándares laborales del grupo, de sus normas y el esfuerzo promedio. Se supone que el comportamiento de los trabajadores depende del trato que reciben.

Akerlof y Yellen (1990) desarrollaron la hipótesis de lo que se denomina el salario de eficiencia justo. Plantean la hipótesis de que el salario justo se refiere a la concepción del trabajador sobre el salario justo que debería percibir. Si el salario justo es superior al salario que actualmente está recibiendo, el trabajador ejercerá un esfuerzo $\{e\}$ proporcionalmente menor, de forma que el nivel de esfuerzo será:

$$e = \min \left\{ \frac{w}{w_j}, 1 \right\} \quad (5)$$

3. La relación entre el salario, el esfuerzo del trabajador y el plusvalor: una concepción marxista

En el sistema de producción capitalista los productores directos no son propietarios de los medios de producción ni de los bienes producidos; sino pertenecen al capitalista. El trabajador solo dispone de su fuerza de trabajo, definida como el conjunto de las facultades físicas y mentales que existen en la corporeidad, en la personalidad viva de un ser humano y que él pone en movimiento cuando produce valores de uso de cualquier índole (Marx, 1946). Es decir, es la capacidad potencial de trabajar por un período de tiempo en la producción de mercancías.

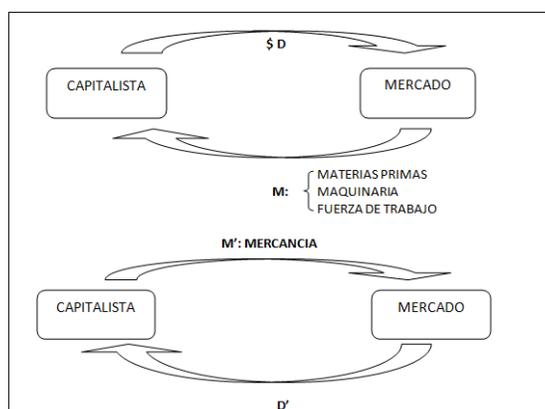
Como los trabajadores venden su fuerza de trabajo de la que son propietarios en el mercado, la fuerza de trabajo adquiere el carácter de mercancía, con un valor igual que todas las otras mercancías.

Según Valdés (1979) el capitalista acude al mercado y adquiere materias primas, maquinaria y fuerza de trabajo $\{M\}$, a cambio de una suma de dinero $\{D\}$, a partir de lo cual obtiene en su

fábrica una nueva mercancía $\{M'\}$. Vuelve con ella al mercado y allí la cambia por otra suma de dinero $\{D'\}$. Esto da origen al circuito $\{D - M, M' - D'\}$ de la ilustración 1.1.

La razón para la existencia de la actividad empresarial del capitalista es la obtención de una ganancia, para lo cual el ingreso $\{D'\}$ debe ser mayor que los costos $\{D\}$. Según La teoría del valor-trabajo de Marx (1946), el valor de un bien o servicio depende únicamente de la cantidad de trabajo que lleva incorporado. Por tanto, en el mercado únicamente se cambian equivalentes de trabajo, lo que equivale a decir que $\{D = M, D' = M'\}$, y la razón para que $\{D' > D\}$ es que $\{M' > M\}$.

Ilustración 1.1. Circuito $\{D-M, M'-D'\}$ 1



Fuente: Elaboración propia

Marx advirtió que ni las materias primas, ni las máquinas, poseen capacidad para trabajar, de modo que no pueden contribuir a la producción de $\{M'\}$ con más horas de trabajo de las que ellas mismas representan (Marx las define como capital constante $\{c\}$). Así que la parte del capital que se invierte en la fuerza de trabajo (capital variable $\{v\}$) cambia de valor en el proceso de producción, crea un remanente (plusvalía), y es la única que puede explicar la diferencia entre $\{D'\}$ y $\{D\}$.

La plusvalía es el trabajo excedente no retribuido al obrero durante la jornada laboral. Aunque el capitalista paga al trabajador el Valor de su Fuerza de Trabajo, cuando la utiliza en el proceso productivo lo hace durante un período de tiempo superior al que es socialmente necesario para producirla. El trabajo excedente produce que $\{M' > M\}$ e incorpora al producto

un remanente de valor $\{D' > D\}$. La ganancia del capitalista es por tanto, solo la expresión monetaria de la plusvalía.

El Valor de la Fuerza de Trabajo (VFT) se define como el valor del monto medio de bienes y servicios de todo lo que permite satisfacer las necesidades físicas (salud, alimentación, vivienda, calzado, etcétera), de capacitación, culturales, educativas y recreativas del trabajador y su familia, surgidas de las condiciones sociales, culturales e históricas que configuran el entorno general de trabajo del obrero. Si el salario percibido por el trabajador es al menos tan alto como el VFT, es posible mantener las facultades que requiere del trabajador el proceso productivo, y garantizar su reproducción (Martínez, 2005). Así, los avances técnicos pueden ser aprovechados, permitiendo el crecimiento y desarrollo de la economía capitalista.

Conforme a las definiciones de plusvalía y de capital constante $\{c\}$ y variable $\{v\}$ de Marx, Valdés (1979) formula matemáticamente el valor $\{u\}$ de una mercancía como:

$$u = c + v + s \quad (6)$$

Siendo $\{s\}$ la plusvalía que incorpora la mercancía.

Según el mismo Valdés (1979), la explotación que hace el capitalista del trabajador genera una tasa de plusvalía t que mide la proporción entre el valor del tiempo de trabajo que el capitalista no paga al obrero y él que le paga.

$$t = \frac{s}{v} \quad (7)$$

Por otro lado, los capitalistas planean obtener una ganancia G , como un cierto porcentaje g sobre el total del capital total invertido.

$$G = g(c + v) \quad (8)$$

Pero la ganancia es solo fruto de la explotación del trabajador, procede solo del capital variable $\{v\}$, así que:

$$G = s$$

A partir de (8) y (9) se puede expresar la tasa de plusvalía en función de la tasa de ganancia $\{g\}$, del capital fijo $\{c\}$ y del capital variable $\{v\}$.

De (7) $t * v = s$

Utilizando (8) y (9) y despejando la tasa de plusvalía $\{t\}$:

$$t = \frac{g(c + v)}{v} \quad (10)$$

Las ganancias son el motor del capitalismo, por ende, los capitalistas suelen desarrollar diversas iniciativas para la extracción de plusvalor y así obtener mejores ganancias. Una de ellas consiste en establecer conscientemente el salario por debajo del VFT (Foladori y Melazzi, 2009). Esta iniciativa puede tener éxito solo si existe un ejército industrial de reserva numeroso que le dé al capitalista una mayor relación de fuerza en comparación con los trabajadores. Así, los trabajadores estarán obligados a elegir entre aceptar un salario bajo (o el detrimento de su salario real) o seguir en el desempleo (o caer en estado de desempleo).

Sin embargo, como afirma Montesinos (2000), si los empresarios consiguen sobreponer sus intereses sobre el de los trabajadores y logran fijar un salario inferior al VFT, la capacidad productiva de los trabajadores disminuye y los avances técnicos no son aprovechados plenamente, generando ineficiencia técnica.

Aún así, la caída en los desembolsos por concepto del pago a los trabajadores puede compensar el valor de la contracción de la productividad laboral. Para descubrir el efecto de la moderación de salarios sobre la tasa plusvalía, a continuación se desarrolla un modelo económico sencillo que trata de dar cuenta de ello, a partir de la supuesta relación positiva entre el salario y el esfuerzo laboral.

Considérese una firma representativa del mercado que produce cierto bien con función de producción:

$$y = eL \quad (11)$$

Donde e es el grado de eficiencia del trabajo y L el número total de horas empleadas en la producción del bien. El trabajo L es la fuerza de trabajo de n obreros homogéneos.

$$L = n * (l + t_e) \quad (12)$$

Siendo l el número de horas de trabajo que realmente se pagan al trabajador y t_e el tiempo de trabajo excedente.

La eficiencia del trabajo es una función de la relación entre el ingreso del trabajador $\{w * l\}$ y el Valor de la Fuerza de Trabajo.

$$e = e\left(\frac{wl}{VFT}\right) \quad e \in [0,1] \quad (13)$$

Condiciones de la función de esfuerzo:

- i. $\lim_{w \rightarrow 0} e_w = \infty$.
- ii. $\lim_{wl \rightarrow VFT} e_w = 0$
- iii. $e_{ww} < 0$

La primera condición establece que para niveles muy bajos de salario la pendiente de la función de esfuerzo $e(w)$ es infinita. La segunda condición asegura que para niveles de ingreso laboral próximos al valor de la fuerza de trabajo, el incremento en el salario no aumenta el esfuerzo. La tercera condición es la de concavidad de la función de esfuerzo.

De (11), (12) y (13)

$$y = e\left(\frac{wl}{VFT}\right) * n * (l + t_e)$$

$$\frac{\partial y}{\partial w} = e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) * \frac{l}{VFT} * n * (l + t_e)$$

$$\frac{\partial y}{\partial n} = e \left(\frac{wl}{VFT} \right) * (l + t_e)$$

$$\frac{\partial y}{\partial t_e} = e \left(\frac{wl}{VFT} \right) * n$$

Diferenciando tenemos:

$$dy = e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) * \frac{l}{VFT} * n * (l + t_e) * dw + e \left(\frac{wl}{VFT} \right) * (l + t_e) * dn + e \left(\frac{wl}{VFT} \right) * n * dt_e \quad (14)$$

Por el primer miembro del lado derecho de la expresión (14) se constata que en el corto plazo (capital constante) una rebaja en los salarios genera una caída en el producto:

$$e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) * \frac{l}{VFT} * n * (l + t_e) * dw \quad \text{con } dw < 0$$

Que puede ser compensado (para mantener el producto constante) con el aumento del personal $dn > 0$ o mayor explotación del trabajador $dt_e > 0$.

Sin embargo, incrementar la jornada laboral es una práctica cada vez más restringida como resultado de las relaciones y luchas entre los capitalistas y trabajadores. En la práctica la jornada laboral no supera las 8 horas. Por tanto, aquí se asume que $dt_e = 0$.

El capital variable $\{v\}$ es igual al salario por hora, multiplicado por el número de horas que se pagan realmente al trabajador $\{l\}$ y por el número de trabajadores $\{n\}$.

$$v = w * n * l \quad (15)$$

Diferenciando

$$dv = n * l * dw + w * l * dn \quad (16)$$

De (14) para mantener el nivel de producto constante, se requiere que:

$$dn = - \frac{e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) * \frac{l}{VFT} * n}{e \left(\frac{wl}{VFT} \right)} * dw$$

$$dv = n * l * dw + w * l * dn$$

$$dv = n * l * dw - w * l * \frac{e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) * \frac{l}{VFT} * n}{e \left(\frac{wl}{VFT} \right)} * dw$$

$$\frac{dv}{dw} = n * l \left(1 - \frac{wl}{VFT} * \frac{e' \left(\frac{wl}{VFT} \right)}{e \left(\frac{wl}{VFT} \right)} \right) \quad (17)$$

La expresión (17) muestra el efecto de la variación de los salarios sobre el gasto en capital variable.

Obsérvese que:

$$w \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{dv}{dw} \rightarrow n * l \left(1 - 0 * \frac{\infty}{0} \right)$$

Aplicando la regla de L'Hôpital:

$$\lim_{w \rightarrow 0} \frac{wl * e' \left(\frac{wl}{VFT} \right)}{VFT * e \left(\frac{wl}{VFT} \right)} = \lim_{w \rightarrow 0} \frac{\frac{d \left(wl * e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) \right)}{dw}}{\frac{d \left(VFT * e \left(\frac{wl}{VFT} \right) \right)}{dw}}$$

$$\lim_{w \rightarrow 0} \frac{l * e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) + e'' \left(\frac{wl}{VFT} \right) \frac{wl^2}{VFT}}{VFT * e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) * \frac{l}{VFT}}$$

$$\lim_{w \rightarrow 0} \frac{l * e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) + e'' \left(\frac{wl}{VFT} \right) \frac{wl^2}{VFT}}{e' \left(\frac{wl}{VFT} \right) * l}$$

$$\lim_{w \rightarrow 0} 1 + \frac{e'' \left(\frac{wl}{VFT} \right) \frac{wl}{VFT}}{e' \left(\frac{wl}{VFT} \right)} = 1 + \frac{0}{\infty} = 1$$

$$w \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{dv}{dw} \rightarrow n * l(1 - 1)$$

$$w \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{dv}{dw} \rightarrow 0$$

$$wl \rightarrow WFT \Rightarrow \frac{dv}{dw} \rightarrow n * l \left(1 - 1 * \frac{0}{1} \right)$$

$$\frac{dv}{dw} \rightarrow n * l$$

De la expresión (10), el efecto sobre la tasa de plusvalía del aumento del gasto variable será:

$$\frac{\partial t}{\partial v} = \frac{gv - g(c + v)}{v^2} = -\frac{gc}{v^2} < 0$$

El efecto del incremento en el salario por hora del trabajador $\{w\}$, sobre la tasa de plusvalía $\{t\}$ está dado por:

$$\frac{\partial t}{\partial w} = \frac{\partial t}{\partial v} * \frac{\partial v}{\partial w}$$

Por tanto:

$$\frac{\partial t}{\partial w} = -\frac{gc}{v^2} * n * l \left(1 - \frac{wl}{VFT} * \frac{e' \left(\frac{wl}{VFT} \right)}{e \left(\frac{wl}{VFT} \right)} \right)$$

Caso 1: $w \rightarrow 0$. Cuando el salario es muy bajo, su incremento no tiene efecto ni positivo ni negativo sobre la tasa de plusvalía.

$$\frac{\partial t}{\partial w} = -\frac{gc}{v^2} * 0 = 0$$

Caso 2: $wl \rightarrow VFT$. Cuando el salario es próximo o superior al VFT su incremento tiene un efecto negativo sobre la tasa de plusvalía.

$$\frac{\partial t}{\partial w} = -\frac{gc}{v^2} * n * l$$

En otros casos, para que el incremento en los salarios mejore la tasa de plusvalía se debe cumplir (18), es decir, el salario por hora $\{w\}$ debe ser tal que la tasa de crecimiento de la función de eficiencia sea mayor que la relación entre el VFT y el salario percibido por el trabajador. Esto depende básicamente de la forma funcional de la relación salario – esfuerzo.

$$\frac{e^{\left(\frac{wl}{VFT}\right)}}{e\left(\frac{wl}{VFT}\right)} > \frac{VFT}{wl} \quad (18)$$

4. Salarios y productividad: revisión del estado del arte

Este capítulo presenta una revisión de los problemas que se pueden presentar en la estimación del efecto del salario como determinante de la eficiencia técnica de la unidad productiva o su productividad laboral, y las principales técnicas econométricas empleadas para identificar dicho efecto.

Saygili (1998) evaluó la hipótesis de salarios de eficiencia utilizando datos de panel de 40 plantas de cemento en Turquía para el período 1980-1995. La prueba se llevó a cabo de dos formas: especificando una frontera estocástica de producción aumentada por salarios con eficiencia cambiante en el tiempo, y una frontera estocástica de producción que incorpora el salario como uno de los factores determinantes de la ineficiencia técnica. Su prueba empírica

encontró que el nivel de los salarios es uno de los factores más importantes que contribuyen a la producción y la eficiencia técnica de las plantas.

Díaz y Sánchez (2008) también estimaron una frontera estocástica de producción e incluyeron el salario como un factor que incide en la ineficiencia técnica, para probar la hipótesis de salarios de eficiencia, utilizando un conjunto de datos panel de pequeñas y medianas empresas manufactureras durante el período 1995-2001 en España. También incluyeron en la función de producción variables binarias para representar grandes sectores manufactureros que agregan a las distintas empresas. Las autoras encontraron que el salario real es un determinante de la eficiencia técnica de las pequeñas y medianas empresas manufactureras hasta con un nivel de significancia del 1%.

Rana et al (2010) prueban la hipótesis de los salarios de eficiencia en la industria de alimentos en Bangladesh utilizando el análisis de frontera estocástica y un panel desbalanceado con información de empresas de este sector durante el período 1988 - 1989 y 1999 hasta 2000. Ellos también especificaron una función de producción aumentada en salarios, y clasificaron los trabajadores en operarios y otros empleados. Concluyeron que la hipótesis de salarios de eficiencia no se cumple, porque la elasticidad estimada de los salarios de los operarios resultó negativa, aunque significativa solo al 10%, y la de los otros empleados no significativa.

Ferdushi et al (2011) estimó una frontera estocástica de producción aumentada en salarios, utilizando un conjunto de datos panel no balanceado con 31 empresas manufactureras para el período 1989-2000 en Bangladesh. Encontraron que los salarios de los trabajadores manuales y no manuales resultaron negativos pero no significativos, y solo resultó significativa la interacción entre la cantidad de trabajo manual y el salario de los mismos trabajadores de la función translogarítmica.

El problema con las investigaciones anteriores que hacen uso del análisis de frontera estocástica, es que todas ignoran la posible endogeneidad de los salarios en la función de producción. Así tanto la estimación de una frontera de producción estocástica aumentada en salarios, o la incorporación del salario como un factor exógeno que incide en la eficiencia técnica, son procedimientos incorrectos que generan estimadores sesgados de la relación entre salarios, esfuerzo y productividad, que no aportan evidencia empírica para una constatación fehaciente de la hipótesis de salarios de eficiencia.

Chand (2006) analiza y expone algunos de los problemas de contrastación empírica de la hipótesis de salarios de eficiencia en la función de producción, y menciona las teorías de reparto de rentas, la selección adversa y el modelo de rotación laboral, como explicaciones alternativas de la relación entre salarios y productividad independientes del esfuerzo del trabajador (o modelo de Solow) que pueden generar confusión y sesgos en la estimación de la elasticidad del salario.

El primer problema que se puede presentar en la estimación de la función de producción aumentada en salarios, es la existencia de diferencias no observadas en la calidad del factor trabajo, que lleva a sobreestimar el efecto de los salarios en la producción. Esto ocurre porque probablemente las firmas que pagan los salarios más altos logran contratar trabajadores más calificados (selección adversa), así que en realidad la elasticidad estimada del salario correspondería simplemente a la correlación existente entre las variables salario y producción (ambas en logaritmos), y no al efecto directo del salario sobre la eficiencia del trabajador, que impacta a su vez la producción de la firma. Este es un problema clásico de endogeneidad (de la variable salario) por correlación con una variable omitida (calidad del factor trabajo) que genera estimadores sesgados e inconsistentes. Las firmas también pagan salarios altos para evitar la rotación laboral y mantener a los trabajadores mejor calificados (modelo de rotación laboral)

El segundo problema es presencia potencial de simultaneidad. En éste caso es probable que el salario del trabajador este compuesto por su remuneración básica, más otro componente asociado a sus resultados, como bonos por productividad. En ese caso el salario está afectado por la producción, lo que da origen a la relación bidireccional entre producción y salarios. También según la teoría del reparto de rentas, las empresas con poder de mercado generan rentas que comparten entre empresarios y trabajadores, normalmente mediante negociación, lo que implica causación de la productividad de las firmas a los salarios de los trabajadores.

Sánchez (1997) estima una función de producción aumentada en salarios utilizando un conjunto de datos panel con información de ochenta y un sectores manufactureros de la Encuesta Industrial en España para el periodo 1979-1988. La autora menciona que la incorporación del efecto fijo por sector captura la heterogeneidad del factor trabajo, por tanto la función de producción se estima con las variables en primeras diferencias, para eliminar

este efecto. Otra alternativa que utiliza para el mismo propósito es permitir que la elasticidad del factor trabajo sea afectada por el salario, para contrastar los cambios en la producción cuando la variable de eficiencia aparece en la tecnología. Es decir, utiliza como variable explicativa la interacción entre las variables salario y número de empleados en el sector (en logaritmos). Esta última especificación de la función de producción es tomada de Wadhvani y Wall (1991).

Por otra parte, para mitigar la endogeneidad por simultaneidad Sánchez (1997) utiliza mínimos cuadrados en dos etapas, utilizando el primer rezago de la variable salario como instrumento para la variable endógena salario. La estimación de la ecuación en forma reducida para la variable endógena se realiza con la metodología de Arellano Bond para datos panel dinámico. Los resultados de la investigación aportan evidencia empírica a favor de la existencia de salarios de eficiencia.

Wadhvani y Wall (1991) utilizan mínimos cuadrados en dos etapas para mitigar la endogeneidad del salario en la función de producción. La forma reducida de esta variable endógena adopta la forma de una ecuación de reparto de rentas, ya que además de incluir las variables explicativas habituales, incluye el logaritmo de la relación entre el producto y el nivel de trabajo de la firma, para tomar en cuenta la causalidad de la productividad de las firmas a los salarios. El instrumento para la variable endógena incorporado en la primera etapa es la probabilidad de bancarrota.

Esteves (2008) analiza la relación entre el salario y el esfuerzo laboral de los trabajadores de la industria de la construcción brasileña.

Primero plantea un modelo econométrico para la ecuación de salarios con fundamento en la teoría de Shirking, para la justificación de salarios de eficiencia. Según esta teoría, si el empleador no observa el esfuerzo de los trabajadores, pagar salarios de eficiencia puede incentivar a los trabajadores a esforzarse (Desormeaux, 2010). El primer modelo permitió demostrar que las firmas pagan un menor salario a los trabajadores cuanto mayor sea la relación entre supervisores y obreros.

El segundo modelo econométrico analiza los determinantes de la probabilidad de ser despedido por justa causa, con una especificación econométrica fundamentada en el modelo

teórico de disciplina laboral de Bowles (2004). La conclusión de Bowles es que la probabilidad de despido es inversamente proporcional al salario, por lo tanto la especificación econométrica incluye el salario como variable explicativa de la probabilidad despido por causa justa, encontrándose que el signo de su coeficiente es significativamente menor que cero y corroborando así la hipótesis de Bowles.

Aigbokhan (2011) utilizó la encuesta anual de empresas manufactureras en Nigeria durante los años 1998-2000 para estimar una función de producción aumentada en salarios. El autor utiliza como variable de control el logaritmo de la relación entre los beneficios y el nivel de trabajo del sector (beneficios por trabajador), para tomar en cuenta la teoría de reparto de rentas y evitar la simultaneidad. Sin embargo, un problema con esta especificación es que la variable de control es endógena, y su correlación con la variable de salarios, hace que la estimación de la elasticidad del salario sea sesgada e inconsistente. Además, lo más conveniente incluir la variable asociada a la teoría de reparto de rentas (productividad o beneficios por trabajador) en la forma reducida de la variable endógena para tomar en cuenta la causalidad de la renta a los salarios, que incorporarla en la función de producción.

Esta revisión del estado del arte desvela la importancia de tomar precauciones para evitar la sobreestimación del efecto de los salarios sobre la producción, por cuenta de la endogeneidad de la variable salarios. En este orden de ideas, es preferible la estimación de una función de producción aumentada en salarios, utilizando mínimos cuadrados en dos etapas para mitigar la endogeneidad, que especificar una frontera de producción estocástica aumentada en salarios, o una frontera de producción estocástica con la incorporación del salario como un factor exógeno que incide en la eficiencia técnica, porque la técnica de análisis de frontera estocástica al ignorar la endogeneidad de la variable, no arroja estimadores consistentes del efecto del salario sobre la producción o sobre la eficiencia técnica.

5. Especificación del modelo estadístico y datos

Ya que el esfuerzo de los trabajadores no es observable, es común entonces usar una aproximación al problema, usando una función de producción aumentada en salarios para estimar el efecto de los cambios en el salario sobre el producto y contrastarla hipótesis de los salarios de eficiencia.

Para se propone una función de producción Cobb-Douglas cuyos argumentos son el trabajo efectivo y el stock de capital.

$$y_{it} = A_i K_{it}^\alpha E_{it}^\beta * e^{u_{it}} \quad (19)$$

Dónde:

Y_{it} : es la producción del sector i en el periodo t .

A_i : factor fijo no-observado específico del sector i .

K_{it} : stock de capital del sector i en el periodo t

E_{it} : valor efectivo de la fuerza de trabajo del sector i en el periodo t .

u_{it} : error idiosincrásico.

La efectividad del factor trabajo se define de la siguiente forma:

$$E_{it} = e_{it} * L_{it} \quad (20)$$

Donde e_{it} es el nivel de esfuerzo promedio desarrollado por los trabajadores del sector i en el periodo t y L_{it} es el número de trabajadores de que dispone cada sector en los diferentes momentos del tiempo.

Una alternativa para modelar la función de esfuerzo es considerar que depende del salario real, la tasa de desempleo y el salario promedio de todos los sectores industriales.

La inclusión de las tasas de desempleo se justifica, porque la amenaza de despido en presencia de un ejército industrial de reserva numeroso obliga al trabajador a ejercer niveles altos de esfuerzo para evitar caer en el desempleo por un periodo prolongado.

El salario promedio se puede incorporar en el modelo como una proxy del valor de la canasta básica, que afecta el valor de la fuerza de trabajo y por tanto la eficiencia del trabajador.

Adoptando nuevamente una función de tipo Cobb-Douglas, la función de esfuerzo quedaría definida así:

$$e_{it} = \varepsilon_0 WR_{it}^{\varepsilon_1} u_t^{\varepsilon_2} \overline{WR}_t^{\varepsilon_3} \quad (21)$$

Donde WR_{it} es el salario real pagado por el sector i en el periodo t , u_t es la tasa de desempleo del periodo t y \overline{WR}_t es el salario real promedio de la industria en el periodo t .

Por tanto, la ecuación (19) puede ser reescrita de la siguiente forma:

$$y_{it} = A_i K_{it}^\alpha * (\varepsilon_0 WR_{it}^{\varepsilon_1} u_t^{\varepsilon_2} \overline{WR}_t^{\varepsilon_3} * L_{it})^\beta * e^{u_{it}} \quad (19b)$$

Tomando logaritmos:

$$\ln y_{it} = \ln A_i + \alpha \ln K_{it} + \beta * \ln(\varepsilon_0 WR_{it}^{\varepsilon_1} u_t^{\varepsilon_2} \overline{WR}_t^{\varepsilon_3} * L) + u_{it}$$

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \ln A_i + \alpha \ln K_{it} + \beta_1 \ln WR_{it} + \beta_2 \ln u_t + \beta_3 \ln \overline{WR}_t + \beta_4 \ln L_{it} + u_{it}$$

Este modelo puede reescribirse de la siguiente manera:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \alpha \ln K_{it} + \beta_1 \ln WR_{it} + \beta_4 \ln L_{it} + a_i + \mu_t + u_{it} \quad (19c)$$

Donde la variable a_i recoge la heterogeneidad individual no observable de cada sector industrial y μ_t los efectos temporales, como la tasa de desempleo y el salario real promedio del sector industrial en cada período entre otras. Los coeficientes α y β_4 son en su orden, las elasticidades capital y trabajo del producto. El coeficiente β_1 la elasticidad salario del producto.

Generalizando, la función de producción queda especificada de la siguiente manera:

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \alpha \ln K_{it} + \sum_j \beta_{1,j} \ln W_j p_{it} + \sum_j \beta_{4,j} \ln L_j c_{it} + a_i + \mu_t + u_{it} \quad (19d)$$

Dónde:

y_{it} : corresponde a la producción del sector industrial i durante el año t .

k_{it} : es el valor del capital⁵ del sector industrial i durante el año t .

ljc_{it} : es el empleo generado por el sector industrial i durante el año t , en la ocupación j y forma de contratación c .

Las ocupaciones están divididas en:

t : Profesionales, técnicos y tecnólogos

o : Obreros y operarios de producción

a : Personal de administración y ventas

Las formas de contratación son p : permanente y t : temporal.

wjp_{it} : es el salario de la ocupación j en la forma de contratación permanente. No se incluye el salario de la forma de contratación temporal porque no es posible calcularlo, ya que no se puede hacer una estimación de las horas-hombre laboradas en esta forma de contratación.

La información para la estimación de la función de producción aumentada en salarios (19d) proviene de la página web del DANE⁶ Colombia, de la Encuesta Anual Manufacturera. En la información disponible en dicha encuesta, se encuentran cifras de la producción por grupos industriales, el empleo discriminado en personal remunerado permanente y temporal, los salarios pagados y las prestaciones sociales, la inversión neta y el total de activos desde el año 2000 hasta el 2011, para conformar un conjunto de datos panel.

Durante esta primera década del siglo XXI la industria manufacturera Colombiana tuvo un crecimiento sostenido considerable hasta la crisis del 2008. El índice del valor agregado manufacturero de Colombia creció entre el 2000 y el 2008 en un 150%. La producción industrial cayó en 2009 y su recuperación fue débil. Ese comportamiento está relacionado con la actividad económica global, el comercio internacional que cayó sustancialmente, especialmente por el cierre del comercio entre Colombia y Venezuela en 2009.

⁵ La variable de capital se construyó utilizando la metodología de Harberger (1969). "La tasa de rendimiento de capital en Colombia", *Revista de Planeación y Desarrollo*, 1(3):13-42.

⁶ Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Posteriormente se registró una recuperación aunque a tasas menores de crecimiento que antes. Finalmente entre el 2000 y el 2011 el índice del valor agregado manufacturero de Colombia creció cerca de un 200%. El valor real en pesos de la producción anual bruta de la industria creció a una tasa anual promedio de aproximadamente 3,5%.

Desde el 2003 la tasa de la tasa de cambio nominal peso-dólar se apreció persistentemente con algunas interrupciones temporales. La teoría de la enfermedad holandesa indica que la apreciación real destruye la competitividad de las exportaciones manufacturadas, sin embargo, este fue un fenómeno global y, por tanto, la tasa de cambio real de la industria en relación con sus socios comerciales se apreció menos que frente al dólar. El destino de las exportaciones industriales Colombianas estuvo sesgado hacia países que enfrentaron procesos similares de apreciación nominal frente al dólar.

6. Resultados de la estimación del modelo econométrico

El cuadro 1.1 presenta la estimación de la función de producción (19d) con intercepto cambiante a través de los individuos y el tiempo, para capturar la heterogeneidad individual y los efectos fijos temporales⁷. La columna (I) presenta los resultados de la estimación mediante efectos fijos⁸. El salario del personal administrativo y de ventas no es estadísticamente significativo. Los salarios de los obreros y operarios de producción y del personal técnico y profesional resultaron significativos. Sin embargo, estas elasticidades pueden estar sobre-estimadas producto de la omisión de variables relevantes y la simultaneidad. La sobrevaloración del efecto del salario sobre el producto se da por la correlación positiva entre el salario y la calidad del factor trabajo contratado, y el efecto positivo sobre el producto que tiene contar con unos trabajadores mejor calificados. Esto ocurre principalmente con el subgrupo de profesionales, ingenieros, técnicos y tecnólogos que son el subgrupo de trabajadores en el cual prima la cualificación y con mayores posibilidades de movilidad entre

⁷ Los efectos fijos temporales se incluyen para capturar el ambiente económico durante el período de estudio.

⁸ La estimación de efectos fijos se prefiere sobre los efectos aleatorios porque al realizar el test de Hausman se obtuvo un estadístico *Test de Hausman* = 22.83 con *p_valor* = 0.011, así que se rechaza la hipótesis nula de que ambos estimadores son consistentes y se prefiere el estimador de efectos fijos.

sectores industriales. La simultaneidad puede ocurrir causalidad positiva de la producción a los salarios explicada por la teoría de reparto de rentas o porque un componente de los salarios es el pago por productividad.

Sánchez (1997) afirma que la heterogeneidad del factor trabajo puede ser capturada mediante la incorporación del efecto fijo por sector. Sin embargo, este supuesto sería aceptable si el ranking de salarios de las firmas permaneciera relativamente constante a través del tiempo, así la calidad del factor trabajo pudiera considerarse fija entre los sectores.

El cuadro 1.2 muestra la mejor y la peor posición del ranking de salarios (de los de profesionales, ingenieros, técnicos y tecnólogos) de los sectores manufactureros durante los años 2000-2011, también muestra el rango del ranking. La variable ranking está construida de tal forma que al sector con el salario más alto en un año determinado se le asigna el número uno y al sector con el salario más bajo el número 61. El cuadro está ordenado de tal forma que los sectores con rango más grande, es decir, los que tienen mayores saltos en el ranking ocupan las primeras posiciones. El cuadro deja ver que los sectores industriales más asociados a la tecnología (del grupo 300) presentan los saltos más grandes en el ranking, que suponen también variaciones en la calidad del factor trabajo contratado. Estas variaciones no son captadas por un modelo de efectos fijos.

La columna II del cuadro 1.1 presenta la estimación de la función de producción utilizando la variable ranking de salario de los profesionales, ingenieros, técnicos y tecnólogos rezagado un periodo, como una proxy que mide la calidad del trabajo contratado. La variable está rezagada porque se asume que la calidad del personal en el año actual, depende del ranking de salario de la firma del año anterior. El signo del coeficiente de la variable es el esperado, negativo, porque entre mayor sea el puesto en el ranking se supone que la calidad del personal contratado es inferior y menos productivo. La elasticidad salario de los obreros y operarios de producción cae en cerca de 9%, y la elasticidad salario del personal técnico y profesional cae por debajo de la mitad y ya no es significativa.

Aunque la incorporación de esta variable proxy mitiga el sesgo de la elasticidad salario de los profesionales, ingenieros, técnicos y tecnólogos, la endogeneidad por simultaneidad todavía puede causar sesgos en la estimación. Para corregir este problema se utiliza la variable *shirking* como instrumento para la variable endógena *salario de los obreros y operarios de producción*.

Bajo la teoría de holgazanería se supone que a mayor supervisión del trabajo, las firmas pueden pagar menos salarios sin preocuparse tanto de la pérdida de productividad del trabajador. Se supone que una proporción mayor de técnicos y profesionales por obrero supone mejor supervisión, y esto es lo que incorpora la nueva variable instrumental *shirking*:

$$shirking_{i,t} = \frac{lp_{i,t}}{lop_{it}} \quad (22)$$

Esta es una variable que teóricamente no determina el nivel de producción actual (cumple la restricción de exclusión de IV), pero que bajo la hipótesis de salarios de eficiencia si puede afectar el salario. La columna (III) del cuadro 1.1 muestra la primera etapa de la estimación por mínimos cuadrados en dos etapas (MC2E) de la función de producción. Se puede ver que la variable de supervisión *shirking* tiene el signo esperado, porque entre mayor supervisión menor es el salario. La variable también resulta significativa. La columna (IV) revela que aunque la elasticidad salario del producto es más alta que en las estimaciones preliminares no resulta significativa. El cálculo del estadístico *F* de la prueba de significancia del instrumento en la ecuación en forma reducida para la variable endógena salario arroja un valor de 4.75, lo que clasifica a la variable de supervisión *shirking* como un instrumento débil. Esto evidencia que el sesgo del estimador de MC2E es una fracción importante del sesgo asintótico de la estimación por efectos fijos bajo endogeneidad. Por tanto se recurre a la estimación mediante el método generalizado de momentos (MGM) utilizando como instrumentos el primer rezago del *salario de los obreros y operarios de producción* y la variable de supervisión *shirking*.

Los resultados de la estimación MGM aparecen en la columna (V) del cuadro 1.1.ewr1. La elasticidad salario de los obreros y operarios es de 0.7 y es significativa hasta con un nivel de $\alpha = 1\%$. En esta última técnica de estimación también se incluyó el salario de los profesionales, ingenieros, técnicos y tecnólogos, así como el personal administrativo pero estos salarios no resultaron significativos. El cuadro muestra que se acepta la hipótesis nula de existencia de una restricción de sobre identificación ($J = 0.18 < \chi^2_{(1)} = 3,84$) lo que confirma la exogeneidad de los instrumentos. En todas las estimaciones se obtuvieron coeficientes de determinación de 0.99. El cuadro también presenta las pruebas de autocorrelación de primer orden de los residuales en todas las especificaciones. En la última estimación el estadístico de prueba es 1.83, así que se acepta la hipótesis nula de no

autocorrelación al comparar los estadísticos de prueba con el valor crítico

$$z_{0.025} = 1.96.$$

El cuadro 1.3 muestra la prueba de raíz unitaria para los residuos de la función de producción estimada. Se concluye a partir de la observación de los *p valores* de la prueba que se rechaza la hipótesis nula de proceso de raíz unitaria común o individual, lo que descarta la existencia de relaciones espurias en la estimación de la función de producción aumentada en salarios.

Cuadro 1.1. Estimación de la función de producción aumentada en salarios

Regresores	Efectos Fijos (I)	EF + proxy calidad del factor trabajo (II)	MC2E		MGM (V)
			Primera etapa <i>LWOP</i> (III)	<i>LY</i> (IV)	
<i>Intercepto</i>	6.687** (1.285)	8.111** (0.978)	8.235** (0.391)	7.940 (6.480)	5.478** (1.458)
<i>Log Capital</i>	0.179** (0.024)	0.172** (0.029)	0.042 (0.036)	0.170** (0.049)	0.157** (0.032)
<i>Log # Prof. técnicos y tecnólogos permanentes</i>	0.137** (0.027)	0.124** (0.036)	0.035* (0.016)	0.117** (0.033)	0.116** (0.037)
<i>Log # Obreros y operarios permanentes</i>	0.325** (0.054)	0.361** (0.074)	-0.081** (0.017)	0.369** (0.097)	0.383** (0.076)
<i>Log Personal de admin. y ventas permanentes</i>	0.272** (0.065)	0.239** (0.065)	0.068* (0.027)	0.232* (0.111)	0.212** (0.077)
<i>Log # Prof. técnicos y tecnólogos ocasionales</i>	0.032** (0.009)	0.0449** (0.007)	0.008 (0.006)	0.044** (0.008)	0.0417** (0.009)
<i>Log # Obreros y operarios ocasionales</i>	0.032* (0.015)	0.029* (0.012)	0.016 (0.014)	0.028 (0.022)	0.0233* (0.012)
<i>Log Personal de admin. y ventas ocasionales</i>	0.049** (0.016)	0.049** (0.016)	-0.002 (0.015)	0.050** (0.015)	0.0498** (0.013)
<i>Log Salario Prof. técnicos y tecnólogos</i>	0.084* (0.046)	0.041 (0.044)			
<i>Log Salario obreros y operarios</i>	0.353** (0.081)	0.382 (0.084)**		0.398 (0.815)	0.702** (0.154)
<i>Log Salario pers. de admin. y ventas</i>	0.059 (0.061)				

<i>Ranking de salarios de prof., técnicos y tecnólogos (t-1)</i>		-0,0007* (0.0004)	0.001 (0.001)	- 0.001 (0.001)	-0.001* (0.001)
<i>Shirking</i>			-0.168* (0.077)		
R^2	0.99	0.99	0.91	0.99	0.99
Prueba de Hansen Sargan – estadístico J					0.18
$\chi^2_{(1,0.05)}$					3.84
Autocorrelación $\hat{\rho}$	0.38	0.29		0.29	0.22
Error están.	(0.12)	(0.11)		(0.11)	(0.11)

**Variable significativa con $\alpha = 1\%$

*Variable significativa con $\alpha = 5\%$

♦ Variable significativa con $\alpha = 10\%$

Fuente: elaboración propia

Cuadro 1.2. Ranking de salarios de profesionales, ingenieros, técnicos y tecnólogos

Industria	Peor Ranking	Mejor Ranking	RANGO
322	62	1	61
201	62	3	59
209	60	2	58
312	60	10	50
293	55	9	46
315	59	13	46
351	60	14	46
311	48	3	45
222	58	14	44
261	56	12	44
204	63	20	43
152	53	14	39
193	63	24	39
359	56	18	38
319	52	15	37
175	48	12	36
159	38	4	34
203	62	28	34
160	35	2	33
272	46	13	33
332	35	2	33
323	65	33	32

173	55	24	31
155	53	24	29
314	39	10	29
153	50	22	28
369	37	12	25
191	41	18	23
353	60	37	23
174	35	13	22
192	56	34	22
202	38	16	22
221	33	11	22
154	30	9	21
172	53	32	21
289	40	19	21
181	59	39	20
331	61	41	20
151	42	23	19
156	31	12	19
158	29	10	19
171	31	12	19
281	56	38	18
291	54	38	16
342	55	39	16
361	53	37	16
242	26	11	15
269	25	11	14
..

Fuente: elaboración propia

Cuadro 1.3. Prueba de Raíz unitaria de los residuales de la regresión

Método	Estadístico	P-valor	Cortes transversales	Observaciones
Hipótesis nula: proceso de raíz unitaria común				
Levin, Lin & Chu t*	-16.1661	0.0000	61	542
Hipótesis nula: proceso de raíz unitaria individual				
ADF - Fisher Chi-square	403.874	0.0000	61	542
PP - Fisher Chi-square	392.264	0.0000	61	605

Fuente: elaboración propia

7. Simulación del impacto del incremento en los salarios

En el capítulo anterior se encontró que un incremento del 1% en los salarios de los obreros y operarios aumenta la producción en un 0,12%, pero el mayor ingreso como resultado del incremento de la producción puede ser contrarrestado por el aumento de los costos laborales. Por tanto, en este capítulo se pretende determinar el efecto que tiene el incremento de los salarios sobre las ganancias para cada sector industrial, para evaluar la conveniencia de la medida de incremento de los salarios.

La ecuación (18) expresa la condición teórica para que un incremento en el salario tenga un efecto positivo sobre la tasa de plusvalía, lo cual depende básicamente del salario, el VFT y la función de esfuerzo. Como la función de esfuerzo y el VFT no son identificados en el ejercicio econométrico anterior, en la práctica se medirá el impacto del incremento de los salarios sobre las ganancias de los sectores manufactureros.

$$\pi = p * q - w * l \quad (23)$$

$$d\pi = dpq - l * dw$$

$$\frac{d\pi}{\pi} = \frac{dpq}{\pi} - \frac{l * dw}{\pi}$$

$$\frac{d\pi}{\pi} = \frac{dPIB}{PIB} * \frac{PIB}{\pi} - \frac{dw}{w} * \frac{wl}{\pi}$$

$$\frac{d\pi}{\pi} * 100 = \frac{dPIB}{PIB} * 100 * \frac{PIB}{\pi} - \frac{dw}{w} * 100 * \frac{wl}{\pi}$$

$$\Delta\% \pi = \Delta\% PIB * \frac{PIB}{\pi} - \Delta\% w * \frac{\text{salarios} + \text{prestaciones}}{\pi}$$

$$\pi \cong \text{valor agregado} - (\text{salarios} + \text{prestaciones})$$

$$\Delta\% PIB = \beta_{WOP} * \Delta\% WOP$$

$$\Delta\% PIB = 0,1203 * \Delta\% WOP$$

Ante un incremento en el salario de 1%, la variación porcentual en las ganancias está dada por la expresión (24):

$$\Delta\% \pi = 0,1203\% * \frac{PIB}{\pi} - 1\% * \frac{\text{salarios} + \text{prestaciones}}{\pi} \quad (24)$$

El cuadro 1.4 presenta la variación porcentual de las ganancias de cada sector manufacturero ante un incremento en el salario de los obreros y operarios de producción del 1%, calculada mediante la expresión (24). Se encontró que el 89% de los sectores mejorarían su situación financiera con la política. Los sectores industriales perjudicados con la medida de incremento de los salarios serían los ingenios refineras de azúcares y trapiches, la elaboración de productos alimenticios, la elaboración de bebidas, acabado de productos textiles, fabricación de otros productos textiles, fabricación de prendas de vestir y fabricación de productos químicos. El sector industrial más favorecido sería el de código 272, Industrias básicas de metales preciosos y de metales no ferrosos.

Cuadro 1.4. Variación porcentual de las ganancias ante un incremento en WOP del 1%

Descripción	VP Beneficios
PRODUCCION, TRANSFORMACION Y CONSERVACION DE CARNE Y PESCADO	1,72
ELABORACION DE FRUTAS, LEGUMBRES, HORTALIZAS, ACEITES Y GRASAS	2,12
ELABORACION DE PRODUCTOS LACTEOS	1,45
ELABORACION DE PRODUCTOS DE MOLINERIA, DE ALMIDONES Y PRODUCTOS DERIVADOS DEL ALMIDON Y ALIMENTOS	2,97
ELABORACION DE PRODUCTOS DE PANADERIA, MACARRONES, FIDEOS, ALCUZCUZ Y PRODUCTOS FARINACEOS	0,97
ELABORACION DE PRODUCTOS DE CAFE	3,05
INGENIOS, REFINERIAS DE AZUCAR Y TRAPICHES	-1,98
ELABORACION DE OTROS PRODUCTOS ALIMENTICIOS	-1,17
ELABORACION DE BEBIDAS	-1,48
FABRICACION DE PRODUCTOS DE TABACO	0,52
PREPARACION E HILATURA DE FIBRAS TEXTILES	1,21
TEJEDURA DE PRODUCTOS TEXTILES	0,59
ACABADO DE PRODUCTOS TEXTILES NO PRODUCIDOS EN LA MISMA UNIDAD DE PRODUCCION	-0,07
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS TEXTILES	-1,12
FABRICACION DE TEJIDOS Y ARTICULOS DE PUNTO Y GANCHILLO	0,00
FABRICACION DE PRENDAS DE VESTIR, EXCEPTO PRENDAS DE PIEL	-3,82
PREPARADO Y TEYIDO DE PIELES; FABRICACION DE ARTICULOS DE PIEL	1,66
CURTIDO Y PREPARADO DE CUEROS	2,26
FABRICACION DE CALZADO	0,87
FABRICACION DE ARTICULOS DE VIAJE, BOLSOS DE MANO, Y ARTICULOS SIMILARES	1,12
ASERRADO, ACEPILLADO E IMPREGNACION DE LA MADERA	1,95
FABRICACION DE HOJAS DE MADERA PARA ENCHAPADO; FABRICACION DE TABLEROS CONTRACHAPADOS, TABLEROS	1,04
FABRICACION DE PARTES Y PIEZAS DE CARPINTERIA PARA EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES	1,37
FABRICACION DE RECIPIENTES DE MADERA	1,84
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS DE MADERA; FABRICACION DE ARTICULOS DE CORCHO, CESTERIA Y ESPARTERIA	1,63
FABRICACION DE PAPEL, CARTON Y PRODUCTOS DE PAPEL Y CARTON	0,32
ACTIVIDADES DE EDICION	0,78
ACTIVIDADES DE IMPRESION	1,16
ACTIVIDADES DE SERVICIOS RELACIONADAS CON LAS DE IMPRESION	1,18
FABRICACION DE PRODUCTOS DE HORNOS DE COQUE	1,38
FABRICACION DE PRODUCTOS DE LA REFINACION DEL PETROLEO	0,94
FABRICACION DE SUSTANCIAS QUIMICAS BASICAS	1,59
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS QUIMICOS	-1,37
FABRICACION DE FIBRAS SINTETICAS Y ARTIFICIALES	1,99
FABRICACION DE PRODUCTOS DE CAUCHO	1,83
FABRICACION DE PRODUCTOS DE PLASTICO	1,27
FABRICACION DE VIDRIO Y DE PRODUCTOS DE VIDRIO	1,25
FABRICACION DE PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS NCP	0,48
INDUSTRIAS BASICAS DE HIERRO Y DE ACERO	1,63
INDUSTRIAS BASICAS DE METALES PRECIOSOS Y DE METALES NO FERROSOS	10,11
FABRICACION DE PRODUCTOS METALICOS PARA USO ESTRUCTURAL, TANQUES, DEPOSITOS Y GENERADORES DE VAPOR	1,65
FABRICACION DE OTROS PRODUCTOS ELABORADOS DE METAL Y ACTIVIDADES DE SERVICIOS RELACIONADOS CON EL	1,22
FABRICACION DE MAQUINARIA DE USO GENERAL	1,36
FABRICACION DE MAQUINARIA DE USO ESPECIAL	1,24
FABRICACION DE APARATOS DE USO DOMESTICO NCP	1,74
FABRICACION DE MAQUINARIA DE OFICINA, CONTABILIDAD E INFORMATICA	2,65
FABRICACION DE MOTORES, GENERADORES Y TRANSFORMADORES	2,09

FABRICACION DE APARATOS DE DISTRIBUCION Y CONTROL DE LA ENERGIA ELECTRICA	1,59
FABRICACION DE HILOS Y CABLES AISLADOS	2,27
FABRICACION DE ACUMULADORES Y DE PILAS ELECTRICAS	1,53
FABRICACION DE LAMPARAS ELECTRICAS Y EQUIPO DE ILUMINACION	1,69
FABRICACION DE OTROS TIPOS DE EQUIPO ELECTRICO NCP	1,68
FABRICACION DE TUBOS Y VALVULAS ELECTRONICAS Y DE OTROS COMPONENTES ELECTRONICOS	1,33
FABRICACION DE TRANSMISORES DE RADIO Y TELEVISION Y DE APARATOS PARA TELEFONIA Y TELEGRAFIA	1,32
FABRICACION DE RECEPTORES DE RADIO Y TELEVISION, DE APARATOS DE GRABACION Y DE REPRODUCCION DEL	1,84
FABRICACION DE APARATOS E INSTRUMENTOS MEDICOS Y DE APARATOS PARA MEDIR, VERIFICAR, ENSAYAR, NAVEGAR	1,24
FABRICACION DE INSTRUMENTOS OPTICOS Y DE EQUIPO FOTOGRAFICO	1,27
FABRICACION DE VEHICULOS AUTOMOTORES Y SUS MOTORES	2,79
FABRICACION DE CARROCERIAS PARA VEHICULOS AUTOMOTORES; FABRICACION DE REMOLQUES Y SEMIRREMOLQUES	1,99
FABRICACION DE PARTES, PIEZAS Y ACCESORIOS (AUTOPARTES) PARA VEHICULOS AUTOMOTORES Y PARA SUS	1,69
CONSTRUCCION Y REPARACION DE BUQUES Y DE OTRAS EMBARCACIONES	1,56
FABRICACION DE AERONAVES Y DE NAVES ESPACIALES	1,38
FABRICACION DE OTROS TIPOS DE EQUIPO DE TRANSPORTE NCP	2,21
FABRICACION DE MUEBLES	1,45
INDUSTRIAS MANUFACTURERAS NCP	1,35

8. Conclusiones

Este artículo aporta evidencia empírica a favor de la relación positiva entre salarios y esfuerzo-productividad en el sector manufacturero en Colombia. Esta relación se sustenta principalmente en la teoría nutricional de Leibstein (1957), la conjetura de la relación entre el salario y el valor de la fuerza de trabajo de Marx, y la hipótesis de salario de eficiencia justo de Akerlof y Yellen (1990). Los primeros dos argumentos se enfocan en el hecho de que el ingreso laboral es un insumo fundamental para el bienestar individual y de la familia, que se refleja en el esfuerzo del trabajador. La hipótesis del salario justo asume que el comportamiento de los trabajadores depende del trato que reciben. Si el salario que recibe el trabajador es inferior al salario que percibe como justo, este ejercerá un esfuerzo proporcionalmente menor.

Se estimó una función de producción aumentada en salarios mediante el método generalizado de momentos para mitigar la endogeneidad la variable de salarios de obreros y operarios de producción, utilizando como instrumentos el primer rezago del salario de obreros y operarios de producción y una variable de supervisión laboral calculada como la relación entre técnicos y profesionales por obrero u operario de producción.

La endogeneidad de la variable salarios de obreros y operarios de producción se explica por la simultaneidad. La causalidad de la productividad a los salarios tiene como origen la teoría de reparto de rentas y el sistema de remuneración por desempeño.

También se incorporó en la función de producción el primer rezago del ranking de salarios de técnicos, profesionales e ingenieros como una variable proxy de la cualificación del talento humano en los trabajadores calificados contratados, suponiendo que el mayor salario atrae a los trabajadores con mejores competencias para desarrollar su trabajo.

La elasticidad estimada de los salarios para los obreros y operarios de producción fue de 0.7 y este salario resulto significativo hasta con un nivel de significancia del 1%. Los salarios del personal técnico y profesional, así como el salario del personal administrativo y de ventas no resultaron significativos. Así que la evidencia empírica favorece más la teoría nutricional de Leibstein (1957) y el concepto del valor de la fuerza de trabajo de Marx (1867) que la

hipótesis de salario justo de Akerlof y Yellen (1990), porque la relación entre salario y esfuerzo productivo solo es válida para el subgrupo de trabajadores con menores ingresos.

A partir de la elasticidad estimada, se simuló el impacto de un incremento del 1% en los salarios de los obreros y operarios de producción, sobre las ganancias de los sectores manufactureros. Se encontró que el 89% de los sectores mejorarían su situación financiera con la política. Los sectores industriales perjudicados con la medida de incremento de los salarios serían los ingenios refineras de azúcares y trapiches, la elaboración de productos alimenticios, la elaboración de bebidas, acabado de productos textiles, fabricación de otros productos textiles, fabricación de prendas de vestir y fabricación de productos químicos. El sector industrial más favorecido sería el de código 272, Industrias básicas de metales preciosos y de metales no ferrosos.

Capítulo 2

Análisis de causalidad y sensibilidad entre los salarios reales y la productividad laboral en el sector manufacturero a partir de cifras de los departamentos en Colombia

Resumen

Este artículo se enfoca en identificar la relación entre los salarios y la productividad. Para comprobar si existe una relación de largo plazo entre estas variables, se realizan pruebas de raíz unitaria y cointegración para determinar si las series comparten tendencias estocásticas comunes. También se estimó un modelo de vectores autorregresivos (VAR) para realizar un análisis de causalidad y sensibilidad, y así determinar cuál es el efecto futuro de los choques en cualquier variable del sistema, sobre ella misma y sobre la otra. Para el ejercicio empírico, se emplearon las series de productividad y salarios de 24 departamentos de Colombia, calculadas a partir de la información de la encuesta anual manufacturera. Los hallazgos empíricos permiten concluir que en Colombia existe un conflicto en la distribución de la riqueza porque los choques exógenos en los salarios reales si tienen efecto positivo sobre la productividad, pero los choques exógenos en la productividad no se reflejan en incrementos de los salarios reales de los trabajadores.

Palabras clave: salario real, productividad, conflicto distribucional.

JEL: J24, J31, C23

1. Introducción

La dinámica de la relación entre el salario real y la productividad laboral interesa por igual a tomadores de decisiones y académicos, ya que esta presenta repercusiones en el crecimiento económico, la competitividad de los países y el estándar de vida. La productividad del trabajo es la relación entre la producción y el personal ocupado y refleja qué tan bien se está utilizando el personal ocupado en el proceso productivo. Esta productividad incide significativamente en una mayor competitividad de las empresas y la economía nacional, así como en la conservación y la creación de empleos, y, como consecuencia, en el bienestar de los trabajadores (Martínez, 1995).

La teoría económica sugiere la existencia de causalidad bidireccional entre los salarios reales y la productividad laboral. Siguiendo el enfoque de la economía ortodoxa, Souza (2012) menciona dos paradigmas que la pueden sustentar. El primero es un modelo de participación salarial convencional, donde las presiones salariales derivadas de la escasez de mano de obra obligan a los capitalistas a adoptar tecnologías que permitan economizarla, con el fin de defender sus márgenes de beneficio. La difusión de la nueva tecnología hace que aumente la relación capital-trabajo, por lo que se acrecienta la productividad de la mano de obra.

En un segundo paradigma, las ganancias alcanzadas gracias a los incrementos en la productividad pueden derivaren el incremento en los salarios reales, gracias a las normas sociales que gobiernan la distribución de la riqueza en los Estados, o por presiones sindicales que busquen la paridad entre incremento en la productividad y crecimiento de los salarios reales.

La economía heterodoxa también aporta argumentos importantes para explicar la dinámica de la relación entre salarios y productividad, que se fundamentan en el hecho de que el ingreso laboral es un insumo fundamental para el bienestar individual y de la familia, y esto se refleja en el esfuerzo del trabajador y, por tanto, en su productividad.

Montesinos (2000) afirma que para Marx, si el salario percibido por los trabajadores es inferior al valor de la fuerza de trabajo (VFT), su capacidad productiva disminuye y, por tanto, los avances técnicos alcanzados no son aprovechados plenamente. La teoría de salarios de eficiencia, que tiene su inspiración en Leibenstein (1957), afirma que existe una relación

entre el ingreso del trabajador y su nutrición, y entre esta y la productividad. Citando a Venegas y Rodríguez (2009), el argumento de Leibenstein (1957) es que la cantidad de trabajo que un individuo puede realizar depende de sus niveles de energía, salud y vitalidad, los cuales, a su vez, dependen directamente del valor nutritivo de su alimentación. Leibenstein deduce, a partir de estudios empíricos, que un aumento del salario a los trabajadores pobremente nutridos, que les permita aumentar el contenido calórico de su dieta, puede hacerlos más productivos, y que entre más bajos sean los niveles de ingestión, las mejoras en la nutrición provocan incrementos más altos en la productividad.

En Colombia, existen pocos estudios con investigación empírica sobre la relación entre salarios y productividad del trabajo. Un estudio conducido por el Departamento Nacional de Planeación (DPN 2000) estima como un hecho estilizado que en Colombia, en los años noventa, el costo relativo por trabajador aumentó, y ese aumento no estuvo acompañado por incrementos de la productividad, lo que implicó una pérdida relativa de competitividad. La productividad de los trabajadores industriales cayó, mientras que sus salarios crecieron por encima de su productividad. Esa conclusión se apoya en el estudio de Farné y Nupia (1998). No obstante, aunque este hecho estilizado objeta la teórica relación positiva entre el salario y la productividad laboral, la investigación de Farné y Nupia (1998) no aporta evidencia empírica concluyente que refute la hipótesis de causalidad de los salarios a la productividad. Se trata simplemente de una observación que se deduce a partir de estadísticas descriptivas y las tendencias de las series agregadas de productividad y salarios del país.

Iregui, Melo y Ramírez (2010), a partir de una encuesta a nivel de firmas, encontraron rigideces a la baja de los salarios reales en épocas de difícil situación económica o financiera de las empresas colombianas. Las razones más importantes para no reducirlos tenían que ver principalmente con la teoría de salarios de eficiencia. También descubrieron que las empresas perciben que el nivel salarial constituye el factor más importante para mejorar el esfuerzo y la motivación de los trabajadores, lo cual es consistente con la idea de no reducir la remuneración básica en situaciones difíciles para no afectar la productividad de la empresa. La investigación revela la percepción de la dirigencia empresarial de que efectivamente existe una relación positiva entre el salario y el esfuerzo del trabajador que afecta su productividad.

Díaz, Gamboa, Romero y Novoa (2008) encontraron que el aumento en los ingresos laborales afecta directamente el crecimiento del producto interno bruto (PIB) en Colombia, y estimaron

que al aumentar en 1 % la remuneración de los asalariados, se aumenta 0,43 % el PIB. Sin embargo, las conclusiones de dicho estudio son cuestionables, porque el efecto estimado podría ser atribuido a un efecto redistributivo en la renta nacional que impacta la demanda agregada, y no estar relacionado con cambios en la oferta. En general, los autores no tienen en cuenta la potencial endogeneidad de los salarios por simultaneidad o por la posible omisión de variables relevantes en la ecuación de crecimiento del PIB correlacionadas con el salario.

Este artículo contribuye al análisis de la relación entre la productividad laboral y los salarios reales, determinándola dirección de la causalidad entre estas variables económicas *ceteris paribus*. Establecer la dirección de la causalidad puede ayudar a determinar si existen conflictos en la distribución del ingreso empresarial entre patronos y asalariados en el país, en el caso de que los avances en la productividad no se traduzcan en mejoras en los salarios reales, o los incrementos en los salarios reales no generen un mayor esfuerzo de los trabajadores que aumente su productividad, y por ende la competitividad de las empresas.

Para lograr este propósito, se estimó un modelo de vectores autorregresivos (VAR) y se realizó la prueba de causalidad de Granger para establecerse al añadir el pasado de la productividad (los salarios), se mejora la capacidad del modelo para explicar los salarios (la productividad), y la contabilidad de innovaciones para determinar cómo los choques exógenos en la ecuación de los salarios (la productividad) afectan la dinámica futura de la productividad (de los salarios).

En la estimación del modelo, se emplearon los datos de producción, el empleo y los salarios pagados por las empresas en el sector manufacturero en 24 departamentos de Colombia, durante los años 1992-2011. La ventaja de este tipo de información es que permite construir un conjunto de datos panel balanceado con varios periodos, lo que posibilita la estimación del modelo VAR. La desventaja es que las variaciones en la productividad generadas por cambios en la composición de los sectores manufactureros interdepartamentales pueden ser confundidas con efectos salariales.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en el primer apartado se estudian los principales aportes teóricos que explican la relación entre salarios reales y productividad. En el segundo, se describen la fuente, los tipos de datos utilizados en la estimación del modelo econométrico, y se estudia si existe relación de largo plazo entre la productividad y los

salarios reales. En el tercer acápite de resultados, se realiza el análisis de causalidad y sensibilidad, y finalmente se presentan las conclusiones.

2. La relación entre salarios y productividad

La teoría económica distingue tres factores que pueden afectar los salarios en el mercado laboral: los asociados a la demanda de trabajo (características de las empresas), de la oferta de trabajo (características de los trabajadores) y las instituciones en el mercado laboral (por ejemplo, la existencia de sindicatos y el salario mínimo).

Siguiendo el enfoque ortodoxo, la teoría de productividad marginal de Clark (1899) postula que en equilibrio, los factores de producción se remuneran por su productividad marginal, definida como el aumento obtenido en la producción por la utilización de una unidad adicional del factor, manteniendo todas las demás constantes. Formalmente, las firmas maximizan sus ganancias definidas como la diferencia entre sus ingresos y sus costos salariales y de capital:

$$\max_{L,K} \pi = p * y - wL - rK \quad (1)$$

Donde y es la producción de la firma, p es el precio, w es el salario, r el precio del capital, L y K son en su orden la cantidad de trabajo y el capital. El producto es una función del trabajo y el capital: $y = F(K, L)$.

Asumiendo una competencia perfecta, de la maximización de beneficios se obtiene que el producto marginal del trabajo PMA_L es igual al salario real $\frac{w}{p}$. El resultado se puede explicar así: el salario real del último trabajador empleado no puede ser superior a su productividad, en caso contrario el empresario sufriría una pérdida. El salario real tampoco puede ser inferior a la productividad marginal del trabajo, si este es el caso, el empresario tendrá interés en contratar más trabajadores, lo que en una situación de pleno empleo y competencia conducirá a un aumento del salario real hasta que se iguale a su productividad marginal. Sin embargo, eso no dice nada sobre el nivel de los salarios, solo que la productividad marginal del trabajo decrece cuando aumenta el empleo, porque cuando el número de trabajadores aumenta, cada

uno de ellos dispone de menor capital y entonces disminuye la eficacia del trabajo. Esto define la curva de demanda del factor trabajo en función de su precio.

Para obtener el salario de equilibrio, hace falta una curva de oferta de trabajo. La elección renta-ocio del consumidor da lugar a la relación entre las horas trabajadas y el salario real $L^s(w)$. Para ello, el trabajador maximiza su utilidad dado un determinado salario de mercado:

$$\text{Max } U(M, O) \quad (2)$$

$$\text{s. a } \begin{cases} M = wL \\ 1 = L + O \end{cases}$$

Donde M es el ingreso y O es el ocio.

El salario de equilibrio se obtiene cuando, para una industria o sector dado, se confronta la función de oferta de trabajo con la teoría de la productividad marginal. Para la empresa, que toma el salario del mercado como dado, la productividad marginal es una teoría del empleo. Por esta razón, los economistas neoclásicos abogan porque los salarios estén atados a la productividad. Para ellos, la productividad del trabajo depende fundamentalmente del nivel de cualificación de los trabajadores (formación y experiencia) y de la tecnología utilizada (bienes de capital y organización productiva).

Por otra parte, si se asume una función de producción Cobb-Douglas con rendimientos constantes a escala:

$$y = AK^\alpha L^{(1-\alpha)} \quad (4)$$

$$PMA_L = (1 - \alpha) * A * \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha \quad (3)$$

$$w_r = \frac{w}{p} = (1 - \alpha) * A * \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha \quad (4)$$

La parte del valor de la producción de la que se apropian los trabajadores está dada por:

$$\varphi = \frac{w * L}{p * y} = \frac{w_r * p * L}{p * AK^\alpha L^{(1-\alpha)}} \quad (5)$$

$$\varphi = \frac{(1 - \alpha) * A * \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha * p * L}{p * AK^\alpha L^{(1-\alpha)}}$$

$$\varphi = 1 - \alpha$$

Dividiendo el numerador y el denominador de (7) por $p * L$:

$$\varphi = \frac{\frac{w * L}{p * L}}{\frac{p * y}{p * L}} = \frac{w_r}{\frac{y}{L}} \quad (6)$$

La productividad laboral (PL) es definida como $\frac{y}{L}$. Se deduce entonces que:

$$\text{participación de los trabajadores } (\varphi) = \frac{\text{Salario real}}{\text{Productividad laboral}} \quad (7)$$

$$w_r = \varphi * \frac{y}{L} \quad (8)$$

$$\ln w_r = \ln \varphi + \ln \frac{y}{L} \quad (9)$$

$$\ln w_{r-1} = \ln \varphi_{-1} + \ln \left(\frac{y}{L}\right)_{-1} \quad (10)$$

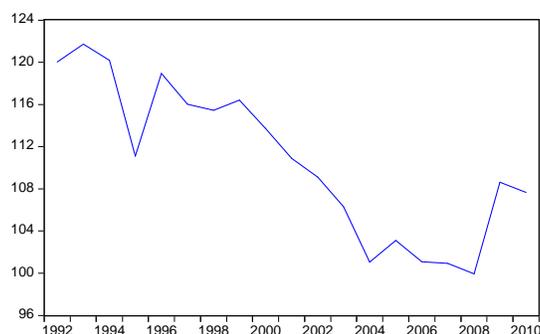
Restando (9) – (10):

$$\Delta(\%) \text{Salario real} = \Delta(\%) \text{particip. de los trab.} + \Delta(\%) \text{productividad laboral} \quad (11)$$

La expresión (11) revela la importancia de la dinámica de la productividad laboral en la dinámica del salario real. Esta expresión es deducida y presentada en Sharpe *et al.* (2008). La

figura 2.1 muestra la evolución del salario real promedio⁹ de la muestra; esta presenta una tendencia decreciente hasta el año 2008, que implicó una pérdida de cerca del 20 % del salario real promedio, y una posterior recuperación de aproximadamente el 8 % del salario real.

Figura 2.1. Evolución del salario promedio

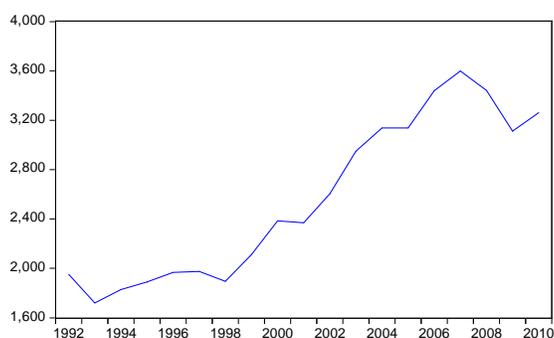


Fuente: elaboración propia.

Por contraste, la figura 2.2 muestra la gráfica de la evolución de la productividad promedio y refleja una tendencia creciente, con una ligera caída entre los años 2007-2008. Para comprender la diferencia en las tendencias del salario real promedio y la productividad promedio, la figura 3 muestra la dinámica de la participación promedio de los trabajadores. Durante casi dos décadas, la parte del valor de la producción de la que se apropian los trabajadores cayó en cerca de un 50 %, así que la caída en el salario real está asociada a la pérdida de participación de los trabajadores en el valor de la producción. Esto evidencia un conflicto en la distribución de las ganancias de productividad, se generó una brecha salarial negativa (porque el salario real cae mientras que la productividad laboral aumenta) que pone en riesgo a la economía de enfrentar una restricción de demanda, lo cual puede generar una situación de desempleo de tipo keynesiano.

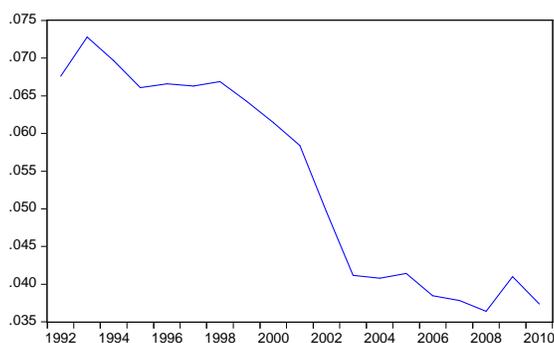
⁹ Media aritmética anual de la variable para los 24 departamentos de la muestra.

Figura 2.2. Evolución de la productividad promedio



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.3. Evolución de la participación de los trabajadores



Fuente: elaboración propia.

Existe un contraste entre los resultados de las figuras 2.1- 2.3 y los postulados de la economía neoclásica sobre la relación entre salarios y productividad. Por tanto, surge la necesidad de buscar otras teorías que nos ayuden a comprender esta realidad. Una de las principales características de las teorías no neoclásicas es que los salarios reales no dependen exclusivamente de la situación prevaleciente en el mercado de trabajo, sino que son resultantes del proceso de acumulación que se está llevando a cabo, es decir que dependen del funcionamiento de la economía en su conjunto, así como de las instituciones vigentes y el contexto político en ese determinado momento histórico. (IEFE, 2004).

Según la teoría de reparto de rentas, la capacidad de pago de las empresas, derivada de su competitividad en el mercado de productos, se convierte en un factor fundamental. El poder de mercado de las empresas en el mercado de productos genera rentas que comparten empresarios y trabajadores, normalmente, mediante un proceso de negociación. Los sindicatos pueden elevar los salarios de los trabajadores, o para evitar la sindicalización, es probable que las empresas prefieran pagar salarios altos. Incluso sin un sindicato formal, la acción colectiva del trabajador o su amenaza puede eventualmente elevar los salarios (Ruesga *et al.*, 2005).

Por otra parte, la dirección de la relación entre el salario y la productividad del trabajo es más compleja que la explicación que proporciona la teoría económica ortodoxa. Así, aunque el salario depende de la productividad, desde la perspectiva heterodoxa también existe una relación inversa: la productividad del trabajo depende del salario, ya que el ingreso laboral es un insumo fundamental para el bienestar individual y de la familia, que se refleja en el esfuerzo del trabajador. Esta visión es compartida por la teoría de salarios de eficiencia y la concepción de Marx de reproducción del trabajo.

“Por salario de eficiencia se entiende que el salario recibido por los trabajadores es función de la eficiencia o productividad del trabajo. A la vez, los salarios estimulan la productividad de los trabajadores” (Desormeaux, 2010: 1). En su definición el autor plantea una causalidad bidireccional entre los salarios y la productividad.

La teoría de salarios de eficiencia moderna tiene su inspiración en los planteamientos de base de Leibenstein (1957). El autor establece que existe una relación clara entre las rentas del trabajo y la ingesta de calorías y, por tanto, entre las rentas del trabajo y la productividad. Basándose en la evidencia empírica, señala que existe evidencia de una fuerte relación estadística entre la ingesta calórica y la productividad. Leibenstein utiliza el incremento en los salarios reales como una *proxy* para aumentar el bienestar nutricional de los trabajadores, suponiendo que un aumento de salario se traduciría en una mayor ingesta nutricional de los trabajadores, lo que repercutiría positivamente en sus condiciones físicas y de salud, y esto último daría lugar a niveles de esfuerzo más altos.

Solow (1979) es pionero en la conceptualización y la formalización de la teoría de los salarios de eficiencia (González, 2008; Venegas & Rodríguez, 2009; entre otros). El modelo supone

una relación directa entre el salario que recibe el trabajador y su productividad, lo que incide en lo que Solow llamó trabajo efectivo. Solow concluye que el salario real óptimo a pagar por la firma depende de la especificación de la relación entre salario y esfuerzo, y no de la relación entre la oferta y demanda del mercado de trabajo que asume la teoría neoclásica. El salario de equilibrio corresponde al punto en que la elasticidad del esfuerzo respecto al salario es igual a uno¹⁰ lo que significa que un aumento del salario en un 1 % incrementa el esfuerzo en el mismo porcentaje.

Además de la teoría nutricional de Leibenstein (1957), existen otros argumentos que pueden esgrimirse para defender el supuesto de que la productividad de los trabajadores depende positivamente de los salarios, o ¿por qué las firmas están dispuestas a pagar salarios de eficiencia, generando desempleo involuntario y diferencias salariales entre trabajadores con las mismas habilidades y funciones?

Las empresas que tienen dificultades para regular y controlar el esfuerzo de sus trabajadores pueden pagar un salario de eficiencia para incrementar el costo de la pérdida del trabajo, y así, mediante la amenaza de despido, prevenir la holgazanería e incentivar a los trabajadores a desempeñar sus tareas con la intensidad requerida por la empresa (González, 2008). Entre los aportes más destacados a esta línea de investigación están los de Calvo (1979) y Shapiro y Stiglitz (1984), entre otros.

En el modelo de costo de rotación laboral, las firmas pueden optar por pagar salarios superiores a los de equilibrio para evitar perder trabajadores, porque reemplazarlos les resulta costoso (Salop, 1979). En dicho modelo la tasa de renuncia de los trabajadores depende negativamente del salario, porque salarios más altos generan condiciones de lealtad, eliminan el incentivo para que los trabajadores abandonen la empresa, e inducen a los trabajadores a esforzarse.

Teniendo en cuenta que los trabajadores son heterogéneos en cuanto a su habilidad, y suponiendo que los trabajadores más capacitados tienen salarios de reserva (el mínimo aceptable por el trabajador) más altos, y la empresa no puede medir fácilmente las habilidades

¹⁰ Lin y Lai (1994) demostraron con un modelo de optimización intertemporal que, a menos que no existan costos de rotación y la tasa de renuncia voluntaria sea independiente de la oferta salarial, la elasticidad esfuerzo-salario es menor que la unidad.

de sus candidatos a un puesto de trabajo, un salario más alto genera un mecanismo de autoselección que atrae a los trabajadores con más habilidades (selección adversa). Los principales exponentes de este enfoque son Guash y Weiss (1980), Greenwald y Stiglitz (1986) y Stiglitz (1976), entre otros.

En las teorías sociológicas, los salarios de eficiencia pueden ser resultado de tradiciones. El esfuerzo de un trabajador depende de las normas laborales de su grupo. Las empresas, según este tipo de modelos, pueden pagar salarios más altos que el equilibrio por razones de equidad interna o la lealtad de los empleados, con el objeto de elevar los estándares laborales del grupo, sus normas y el esfuerzo promedio. Se supone que el comportamiento de los trabajadores depende del trato que reciben.

Akerlof y Yellen (1990) desarrollaron la hipótesis de lo que se denomina el salario de eficiencia justo. Plantean que este se refiere a la concepción del trabajador sobre el salario justo que debería percibir. Si el salario justo es superior al salario que actualmente está recibiendo, el trabajador ejercerá un esfuerzo $\{e\}$ proporcionalmente menor.

Por otra parte, como afirma el Instituto de Estudios Fiscales y Económicos (2004), el conflicto central en las sociedades actuales gira siempre en torno al control del trabajo social, su uso y la distribución de los productos resultantes de la aplicación de trabajo a escala social. Esa disputa por la distribución del trabajo social (y sus resultados) se expresa, en parte, en la relación que existe entre el salario real y la productividad media del trabajo. Mientras el salario real refleja el poder de compra que tienen las remuneraciones que reciben los trabajadores, la productividad media del trabajo expresa el valor de la producción creada por los trabajadores en un determinado periodo de tiempo.

Según Marx (1946), el valor de la mercancía fuerza de trabajo está determinada por sus costes de reproducción (el valor de todas las mercancías cuyo consumo es necesario para la reconstitución de la fuerza de trabajo). El valor de las mercancías que deben reconstituir la fuerza de trabajo (que permite al obrero recuperar sus calorías, y le da la capacidad para desarrollar una energía muscular y nerviosa determinada, sin la que sería incapaz de trabajar al ritmo considerado por el capitalista como normal) es denominado valor de la fuerza de trabajo (VFT).

Montesinos (2000) comenta que para Marx, el VFT es una variable socioeconómica de difícil conocimiento, que depende de: i) los bienes de manutención básicos, es decir, del valor de las mercancías que constituyen la canasta promedio de consumo de la clase trabajadora, y ii) el valor de la fuerza de trabajo también depende de las necesidades sociales, morales, históricas y culturales.

La idea central es que en un momento dado, para alcanzar una calidad normal de la fuerza laboral, el VFT debe ser cubierto por el salario real y, así, los avances técnicos pueden ser aprovechados, lo que permite el crecimiento y el desarrollo de la economía capitalista. Si en el afán de lucro capitalista y dado el éxito que tienen en sobreponer sus intereses sobre los de los trabajadores, logran fijar un salario inferior al valor de la fuerza de trabajo, la capacidad productiva de los trabajadores disminuye y, por tanto, los avances técnicos alcanzados no son aprovechados plenamente, lo que genera una ineficiencia técnica.

3. Datos

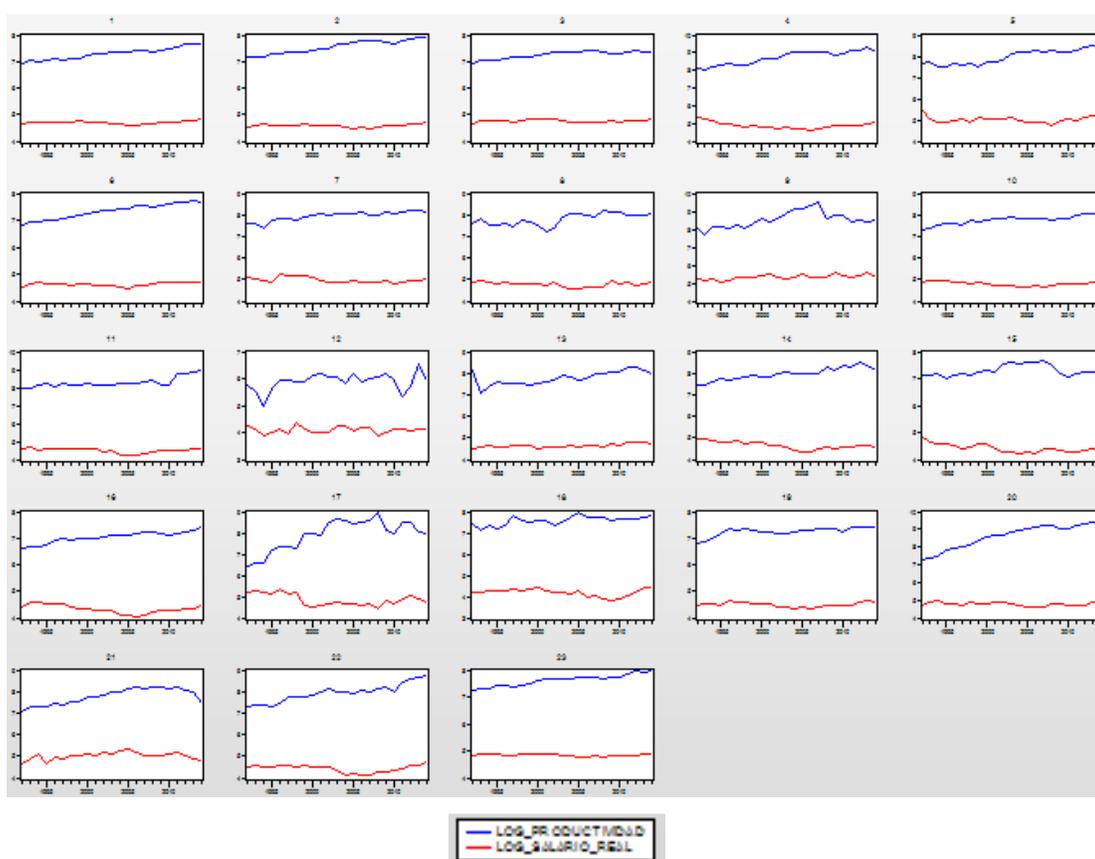
La información con la que se estimó el modelo de Vectores Autorregresivos (VAR) proviene de la página web del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), de la Encuesta Anual Manufacturera. En esta se encuentran las cifras de producción, el empleo y los salarios pagados por el sector manufacturero en 24 departamentos de Colombia, durante los años 1992-2014. La información corresponde a las empresas registradas, que en el año 1992 ascendían a 7955 establecimientos, con un total de personal ocupado de 641.232 y en el año 2014, se registraron 8923 establecimientos y 682.852 personas contratadas en total.

La variable de productividad se determina dividiendo la producción manufacturera por departamento entre el personal ocupado por la industria. La variable de salarios también es calculada dividiendo el total de salarios pagados entre el personal ocupado. La producción fue deflactada mediante el índice de precios al productor y los salarios utilizando el índice de precios al consumidor, ambos índices con año base 2009.

La figura 2.4 muestra el comportamiento de las series de productividad y salarios para los 23 departamentos de Colombia utilizados en la estimación de VAR. Estos son: 1. Antioquia, 2. Atlántico, 3. Bogotá, 4. Bolívar, 5. Boyacá, 6. Caldas, 7. Cauca, 8. Cesar, 9. Córdoba, 10. Cundinamarca, 11. Huila, 12. La Guajira, 13. Magdalena, 14. Meta, 15. Nariño, 16. Norte de Santander, 17. Otros departamentos 18. Quindío, 19. Risaralda, 20. Santander, 21. Sucre, 22.

Tolima, 23. Valle. Las series se presentan en logaritmos para estabilizar la varianza y visualizar mejor si existen tendencias comunes. En algunos departamentos como Guajira, Sucre, Risaralda y Antioquia la productividad y los salarios parecen compartir tendencias comunes, sin embargo este comportamiento no se puede generalizar. La productividad parece tener en casi todos los casos una tendencia creciente, mientras que no se puede determinar una tendencia única para los salarios reales. Los incrementos en la productividad no explicados por los salarios pueden tener origen en cambios técnicos como mejoras técnicas (expansiones de las funciones de producción), y contracciones en la ineficiencia técnica

Figura 2.4. **Serie de productividad y salario real por departamentos**



Fuente: elaboración propia.

Las tablas 2.1 y 2.2 muestran en su orden las pruebas de raíz unitarias de las series del logaritmo de la productividad y salarios. La hipótesis nula de las pruebas es la existencia de raíz unitaria. Para la serie del logaritmo de la productividad, se acepta la hipótesis nula de raíz

unitaria individual con $\alpha = 5\%$. Para la serie del logaritmo del salario real, se rechazan las hipótesis nulas de procesos de raíz unitaria común e individual.

La tabla 2.3 presenta la prueba de raíz unitaria de la serie de la primera diferencia del logaritmo de la productividad. Se rechazan las hipótesis nulas de procesos de raíz unitaria común e individual

Se concluye entonces que las series de productividad presentan tendencias estocásticas, son I(1) y las series de salarios reales son estacionarias.

Este resultado contrasta con los hallazgos de Souza (2012), quien encontró que existía cointegración entre salarios y productividad para diferentes grupos de países, incluyendo los de Latinoamérica. En las series de salarios y productividad del sector manufacturero para los departamentos en Colombia no puede existir cointegración porque las series tienen diferente orden de integración.

Tabla 2.1. Pruebas de raíz unitaria sobre el logaritmo de la productividad

Panel unit root test
Muestra: 1992 2014
Variables exógenas: Efectos individuales

Método	Estadístico	Prob.**	Cortes	
			Transversales	Obs
Hipótesis nula: Asume proceso de raíz unitaria común				
Levin, Lin & Chu t*	-4.93261	0.0000	23	497
Hipótesis nula: Asume proceso de raíz unitaria individual				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-1.15280	0.1245	23	497
ADF - Fisher Chi-square	55.7928	0.1527	23	497
PP - Fisher Chi-square	57.7345	0.1149	23	506

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.2. Pruebas de raíz unitaria sobre el logaritmo de los salarios

Panel unit root test

Muestra: 1992 2014

VARIABLES EXÓGENAS: Efectos individuales

Método	Estadístico	Prob.**	Cortes	
			Transversales	Obs.
Hipótesis nula: Asume proceso de raíz unitaria común				
Levin, Lin & Chu t*	-3.62630	0.0001	23	497
Hipótesis nula: Asume proceso de raíz unitaria individual				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-3.77757	0.0001	23	497
ADF - Fisher Chi-square	85.7185	0.0003	23	497
PP - Fisher Chi-square	83.7312	0.0006	23	506

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.3. Prueba de raíz unitaria sobre la primera diferencia del logaritmo de la productividad

Muestra: 1992 2014

VARIABLES EXÓGENAS: Efectos individuales

Método	Estadístico	Prob.**	Cortes	
			Transversales	Obs.
Hipótesis nula: Asume proceso de raíz unitaria común				
Levin, Lin & Chu t*	-18.3941	0.0000	23	476
Hipótesis nula: Asume proceso de raíz unitaria individual				
Im, Pesaran and Shin W-stat	-17.3229	0.0000	23	476
ADF - Fisher Chi-square	333.555	0.0000	23	476
PP - Fisher Chi-square	414.528	0.0000	23	483

Fuente: elaboración propia.

4. Resultados

Dado que el análisis del capítulo anterior descarta la existencia de cointegración entre las series de productividad y salarios en logaritmos, se debe realizar el estudio de causalidad y sensibilidad entre la productividad y los salarios reales mediante un modelo VAR en diferencias.

La tabla 2.4 presenta el modelo VAR(6) estimado. El orden $p=6$ fue seleccionado para que minimizara los criterios de información y evitara la existencia de correlación no contemporánea (autocorrelación y correlación cruzada) entre los residuos de las ecuaciones del VAR, lo que invalidaría las funciones de impulso respuesta, las pruebas de causalidad de Granger y el análisis de descomposición de varianza. Los décimos rezagos de las variables endógenas se incluyen como variables exógenas para evitar la autocorrelación.

La figura 2.5 muestra que el VAR(6) estimado es estable porque todos los inversos de las raíces del determinante están dentro del círculo unitario.

En la figura 2.6 aparecen los correlogramas de los residuos del VAR(6) estimado. Se observa que no existen barras significativas ni en las funciones de autocorrelación ni en la correlación cruzada. La tabla 2.5 presenta los resultados de la prueba Portmanteau. Se concluye que con un nivel de significancia de $\alpha = 5\%$ se acepta la hipótesis nula de no autocorrelación y correlación contemporánea entre los residuales del modelo VAR(6).

Tabla 2.4. **Estimación del modelo VAR(6)**

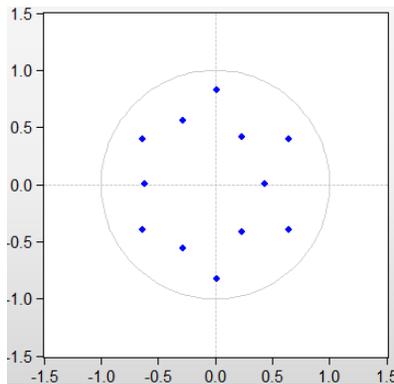
Muestra (ajustada): 2003 2014

Rezagos	$\Delta \log_productividad$	$\Delta \log_salarios$
$\Delta \log_productividad(-1)$	-0.128452	0.042892
$\Delta \log_productividad(-2)$	-0.295954	-0.072028
$\Delta \log_productividad(-3)$	0.038169	0.004473
$\Delta \log_productividad(-4)$	0.045447	-0.067290
$\Delta \log_productividad(-5)$	0.134231	-0.025604
$\Delta \log_productividad(-6)$	-0.125508	0.061102
$\Delta \log_salarios(-1)$	0.006512	-0.105210
$\Delta \log_salarios(-2)$	-0.004930	0.031855

$\Delta \log_{\text{salarios}}(-3)$	0.133342	-0.050178
$\Delta \log_{\text{salarios}}(-4)$	0.062379	-0.038590
$\Delta \log_{\text{salarios}}(-5)$	0.117191	-0.131171
$\Delta \log_{\text{salarios}}(-6)$	0.194261	-0.052023
VARIABLES EXÓGENAS		
C	0.039362	0.003375
$\Delta \log_{\text{productividad}}(-10)$	-0.025255	0.010389
$\Delta \log_{\text{salarios}}(-10)$	0.144933	-0.250269
R-cuadrado	0.142619	0.145368
R-cuadrado ajustado	0.096629	0.099526
Suma de los residuos al cuadrado	6.728123	1.981004
Desviación estándar de la Reg.	0.160556	0.087121
Estadístico F	3.101091	3.171042
Media de la var. dep.	0.020481	0.008009
Desv. estándar de la var. dep.	0.168925	0.091809
Log de la función de verosimilitud		410.7469
Criterio de información Akaike		-2.759036
Criterio de información Schwarz		-2.365514

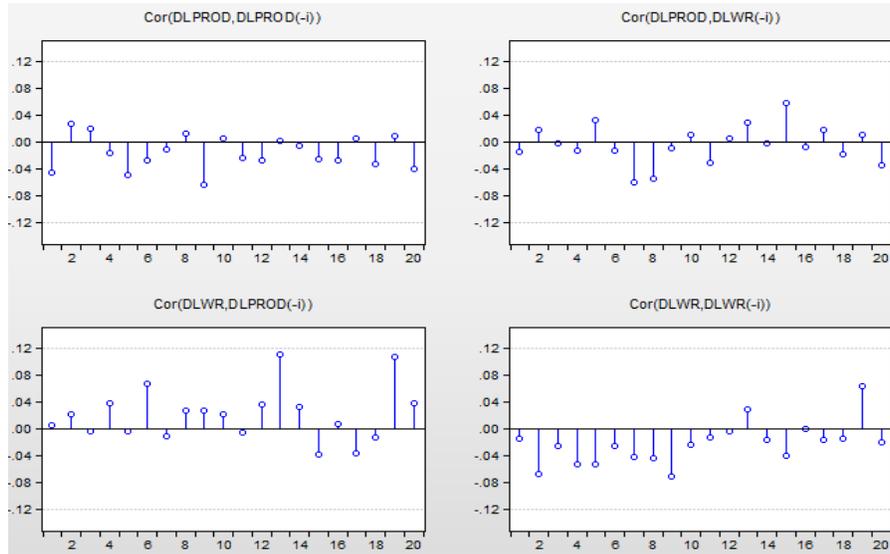
Fuente: elaboración propia.

Figura 2.5. Inverso de las raíces del VAR(6)



Fuente: elaboración propia.

Figura 2.6. Correlograma de los rezagos del VAR(6)



Fuente: elaboración propia.

Tabla 2.5. Test de Portmanteau de los residuales del VAR(6)

Hipótesis nula: No autocorrelación residual hasta el rezago h

Observaciones incluidas: 276

Lags	Q-Stat	Prob.	Adj Q-Stat	Prob.	df
7	9.052470	0.0598	9.200545	0.0563	4
8	10.59333	0.2258	10.78740	0.2140	8
9	13.35589	0.3437	13.64308	0.3241	12
10	13.69031	0.6218	13.99007	0.5995	16
11	14.13043	0.8238	14.44846	0.8070	20
12	14.73421	0.9283	15.07969	0.9184	24
13	18.54822	0.9115	19.08222	0.8956	28
14	18.93653	0.9674	19.49128	0.9595	32
15	20.89529	0.9791	21.56261	0.9727	36
16	21.12630	0.9938	21.80784	0.9915	40
17	21.64833	0.9981	22.36414	0.9973	44
18	22.10831	0.9995	22.85620	0.9992	48
19	26.29375	0.9989	27.35108	0.9981	52
20	27.59763	0.9995	28.75682	0.9991	56

Fuente: elaboración propia.

4.1. Prueba de causalidad de Granger

Con la prueba de causalidad de Granger se quiere determinar si al añadir el pasado de una variable en la ecuación de la otra, no se añade capacidad explicativa. La tabla 2.6 muestra la prueba de causalidad de Granger entre la productividad y los salarios. La hipótesis nula de la prueba es que el bloque de dos rezagos de una variable no explica a la otra. Se concluye que con $\alpha = 5\%$ se aceptan las hipótesis nulas de que el salario no causa Granger a la productividad y la productividad no causa Granger a los salarios. Esto quiere decir que cambios en los salarios no provocan variaciones futuras en la productividad y que cambios en la productividad no provocan variaciones futuras en los salarios.

Tabla 2.6. Prueba de causalidad de Granger

Variable dependiente: $\Delta \log$ productividad			
Excluidas	Chi-sq	g de l	Prob.
$\Delta \log$ salarios	5.011373	6	0.5424
Variable dependiente: $\Delta \log$ salarios			
Excluidas	Chi-sq	g de l	Prob.
$\Delta \log$ productividad	12.08686	6	0.0601

Fuente: elaboración propia.

4.2. Contabilidad de innovaciones

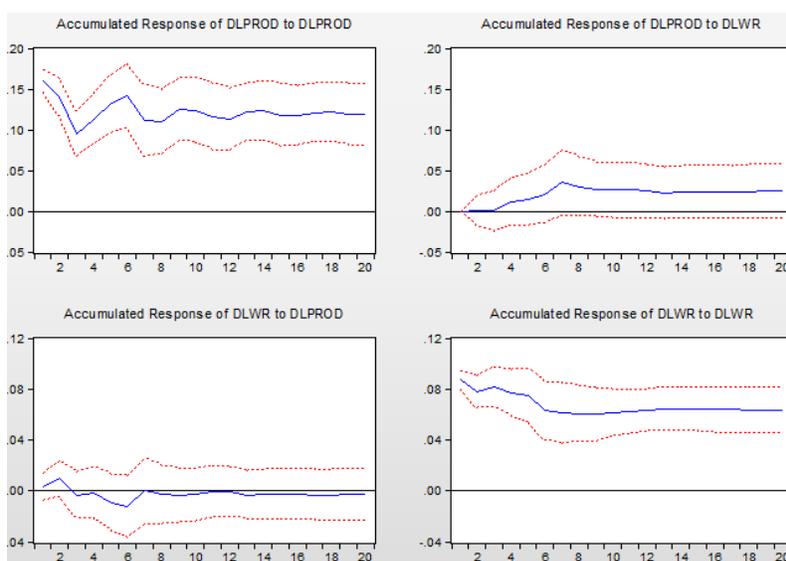
La contabilidad de innovaciones está compuesta por las funciones de impulso respuesta y el análisis de descomposición de varianza. Tiene como propósito analizar las interacciones dinámicas que caracterizan el sistema estimado, aislando el efecto sobre una variable, de un choque aleatorio en una de las variables endógenas.

La función de impulso respuesta simula cómo reacciona el sistema a través del tiempo, frente a un choque sobre una de las variables endógenas que lo componen. Se puede analizar si el choque tiene efecto permanente o transitorio sobre las variables endógenas. El análisis de impulso-respuesta tiene implicancias distintas dependiendo de la especificación del VAR. Si se utiliza una especificación con variables en niveles, un choque tiene un efecto transitorio

sobre el nivel de las variables. Si se utiliza una especificación en variaciones porcentuales, por ejemplo, el efecto del choque es transitorio sobre la tasa de crecimiento de las variables, pero permanente en su nivel (Chumacero, 2005).

La figura 2.7 muestra las funciones de impulso-respuesta acumulada, calculadas a partir del modelo VAR(6) estimado. Debido a que se está trabajando con las primeras diferencias de las series, se puede afirmar a partir de las gráficas que los choques exógenos sobre el *cambio en el logaritmo de la productividad* tienen un efecto permanente y positivo sobre el *cambio en el logaritmo de la productividad*, pero el efecto sobre el *cambio en el logaritmo del salario* en el largo plazo es nulo (no es estadísticamente significativo). Los choques exógenos sobre el *cambio en el logaritmo del salario* tienen un efecto permanente y positivo sobre los *cambios en el logaritmo del salario y del producto*.

Figura 2.7. **Funciones de impulso respuesta**



Fuente: elaboración propia.

La descomposición de varianza tiene como propósito valorar la importancia relativa de las innovaciones de cada variable sobre el comportamiento de las variables endógenas del modelo VAR. La descomposición de varianza para el modelo VAR estimado se puede observar en la tabla 2.7. El análisis revela que la contribución de un *choque* a la variable *cambio en el logaritmo de la productividad* representa a largo plazo algo más del 5% de la

varianza de predicción del *cambio en el logaritmo del salario* y más del 98% de la varianza de predicción del *cambio en el logaritmo de la productividad*. La contribución de los *choques* exógenos de la variable *cambio en el logaritmo del salario* sobre su varianza de predicción es de cerca del 94%. El mismo choque tiene un efecto cercano al 1,4% en la varianza de predicción de *cambio en el logaritmo de la productividad*. El análisis de descomposición de varianza muestra de que los choques sobre la productividad tienen relativamente más efecto sobre los salarios, que el efecto que puedan tener los choques en los salarios sobre la productividad.

Tabla 2.7. Descomposición de varianza

Descomposición de la varianza de $\Delta \log_{\text{productividad}}$			
Periodo	S.E.	$\Delta \log_{\text{prod}}$	$\Delta \log_{\text{salarios}}$
1	0.160556	100.0000	0.000000
2	0.161874	99.99877	0.001227
3	0.167971	99.99774	0.002258
4	0.169360	99.52999	0.470014
5	0.170400	99.50758	0.492420
6	0.170816	99.37149	0.628507
7	0.174048	98.73344	1.266558
8	0.174134	98.65065	1.349354
9	0.174832	98.62973	1.370273
10	0.174835	98.62883	1.371170
Descomposición de la varianza de $\Delta \log_{\text{salarios}}$			
Periodo	S.E.	$\Delta \log_{\text{prod}}$	$\Delta \log_{\text{salarios}}$
1	0.087121	0.127871	99.87213
2	0.087846	0.683225	99.31677
3	0.088888	2.819085	97.18092
4	0.089052	2.845309	97.15469
5	0.089420	3.607507	96.39249
6	0.090257	3.621641	96.37836
7	0.091063	5.278184	94.72182
8	0.091111	5.375221	94.62478
9	0.091116	5.381376	94.61862
10	0.091137	5.392813	94.60719

Fuente: elaboración propia.

5. Conclusiones

En esta investigación se determinó que no existe una relación de largo plazo entre la productividad y los salarios en Colombia. No puede existir un mecanismo que mantenga unidas a la productividad y a los salarios en el largo plazo porque se encontró evidencia empírica de que la productividad presenta una tendencia estocástica, mientras que las series de salarios son generadas por procesos estocásticos estacionarios. Esto difiere de los hallazgos de Souza (2012), quien encontró que sí existe cointegración para diferentes grupos de países. Sin embargo, el mismo Souza (2012) advierte que este es un hecho estilizado propio de las economías maduras.

A partir de la prueba de causalidad de Granger se encontró que los cambios en el salario no causan la productividad y que los cambios en la productividad no causan los cambios en los salarios. Esto quiere decir que variaciones endógenas en los salarios no provocan variaciones futuras en la productividad, y que variaciones en la productividad no provocan variaciones futuras en los salarios.

Los *choques* sobre los cambios en la productividad como mejoras técnicas no tienen impacto futuro sobre los cambios en los salarios. Los *choques* en la ecuación de cambio en los salarios tienen un efecto significativo sobre el cambio en los salarios y sobre el cambio en la productividad. No obstante el análisis de descomposición de varianza muestra que el peso de la innovación sobre la varianza de predicción de la misma variable es mucho más importante que la innovación en la varianza de predicción de la otra variable.

Se puede concluir que los choques exógenos en los salarios reales tienen efecto positivo sobre los salarios y la productividad que altera los niveles de los salarios y la productividad para siempre. Sin embargo del análisis de descomposición de varianza se concluye que el efecto del choque de los salarios tiene muy poco peso en la variabilidad futura de la productividad, así que de este análisis es muy difícil concluir si realmente para los empresarios vale la pena mejorar los salarios reales de los trabajadores. El efecto de la productividad sobre los salarios tiende a ser ligeramente negativo en el largo plazo aunque no resulta significativo.

Capítulo 3

Dinámica de los salarios en un mercado artificial del trabajo con agentes heterogéneos, salarios de eficiencia y racionalidad limitada

Resumen

Este artículo simula un mercado artificial del trabajo mediante algoritmos genéticos, con el propósito de determinar en un contexto de salarios de eficiencia y racionalidad limitada, los efectos de la heterogeneidad de firmas y trabajadores, sobre la dinámica de los salarios y el empleo; así como evaluar el impacto de la política de salario mínimo. Se concluye que la heterogeneidad en la calificación de los trabajadores, o en su percepción del salario de referencia, obliga a las firmas a competir por los trabajadores más calificados o que se esfuerzan más *ceteris paribus*, ofreciendo salarios más altos, especialmente cuando la economía está sujeta al régimen de salario mínimo. En el mercado de trabajadores menos cualificados, en ausencia de salario mínimo no existe equilibrio estable, porque el aprendizaje inductivo puede conducir a las firmas a optar por dos estrategias de salario diferentes.

Palabras clave: salarios de eficiencia; racionalidad limitada; algoritmos genéticos.

Clasificación JEL: J41, D01, D82.

1. Introducción

Los modelos de salarios de eficiencia postulan que por explicaciones no walrasianas -como la información asimétrica, la selección adversa y la rotación laboral- o bajo premisas psicológicas y sociológicas -como la moral, la justicia y los grupos de presión internos-, los empleadores tienen buenos motivos para pagar a sus trabajadores salarios superiores a aquel que equilibraría el mercado. Esto genera racionamiento de los puestos de trabajo y desempleo involuntario.

La información asimétrica ocurre porque las firmas no pueden monitorear el esfuerzo de sus trabajadores. A partir de esta premisa, Solow (1979) desarrolla un modelo en el que propone la relación directa entre el salario de los trabajadores y su esfuerzo; de donde deduce que las empresas están dispuestas a pagar un salario más alto (salario de eficiencia), para *incentivar* un mayor nivel de productividad en su personal.

El modelo de selección adversa asume que los trabajadores son heterogéneos en cuanto a su dotación de habilidades, y existe correlación positiva entre el salario de reserva y las habilidades que determinan la productividad del trabajador. Esto condiciona que las firmas paguen salarios altos, con el propósito de *atraer* a los trabajadores más hábiles y *eleva*r el valor esperado de la productividad (Yellen 1984).

El modelo de Solow (1979) y el de selección adversa presentan similitudes y diferencias importantes. En ambos casos, la información asimétrica no permite que las firmas paguen salarios diferenciados en función de la productividad de sus trabajadores. Por otra parte, mientras en el modelo de Solow el salario alto incentiva la productividad del trabajador a través de su mayor esfuerzo, en el modelo de selección adversa se omite dicha relación; y son la heterogeneidad de los trabajadores, y la conjetura de relación directa entre la habilidad y el salario de reserva los supuestos claves para la existencia del salario de eficiencia.

Sin embargo, a un nivel agregado, el supuesto de que el salario de reserva incrementa en función de las habilidades de los individuos resulta controversial. Por ejemplo, Bosworth, Dawkins y Stromback (1996) se preguntan ¿de dónde provienen los individuos con mayores habilidades, cuando aumenta exógenamente el salario de mercado? Los mismos autores plantean, citando las investigaciones de Weiss (1980) y Weiss y Wang (1990), que pueden provenir del sector informal, es decir, los trabajadores auto empleados. Sin embargo, en

promedio, los trabajadores informales obtienen ingresos por debajo del salario del mercado, así que, en promedio, sus habilidades estarían por debajo de las habilidades de los trabajadores del sector formal.

La evidencia empírica tampoco es concluyente. Utilizando datos de los trabajadores en Alemania, Prasad (2003) encontró correlación negativa entre la razón *salario de reserva-oferta de salario* y el nivel de *habilidades* de los individuos. Durán (2005) determinó que las características personales que indican productividad, como son la edad, el nivel educativo y la experiencia, inciden de manera importante en la determinación del salario de reserva. Monte, Ramalho y Pereira (2011) encontraron evidencia a favor de una relación positiva entre el salario de reserva y el nivel de escolaridad de los trabajadores.

Este artículo simula un mercado artificial del trabajo mediante algoritmos genéticos, con el propósito de determinar la dinámica de los salarios y el empleo, cuando se incorporan heterogeneidades en firmas y trabajadores al modelo de salarios de eficiencia de Solow (1979). Es decir, se asume la existencia de una relación positiva entre los salarios y el esfuerzo; pero no induce la heterogeneidad de los trabajadores mediante la desigualdad en los salarios de reserva, porque no se hace uso de la relación directa entre la habilidad y el salario de reserva.

La heterogeneidad de los trabajadores se incorpora en la simulación, asumiendo diferencias en la percepción de los individuos sobre su salario de referencia y mediante la pluralidad de habilidades. La regla de emparejamiento consiste en que las firmas que pagan mejores salarios contratan los trabajadores más productivos.

La simulación a través de algoritmos genéticos recoge las críticas de la economía conductual¹¹ sobre los supuestos de racionalidad perfecta y el agente representativo de la economía ortodoxa. La economía conductual argumenta que los agentes son heterogéneos y están dotados de racionalidad limitada¹²: no tienen información perfecta, tienen limitaciones cognitivas, son incapaces de procesar gran cantidad de información y, por tanto, no toman sus

¹¹La economía conductual se define como la combinación de la psicología y la economía que investiga lo que sucede en los mercados cuando los agentes se distancian del individuo racional definido en los modelos económicos ortodoxos.

¹²Simon (1955) define la racionalidad limitada como el término que describe el proceso de decisión de un individuo, considerando limitaciones cognoscitivas tanto de conocimiento, como de capacidad computacional. La idea es que el ser humano, ante estas limitaciones que le son propias, busca, antes que maximizar, niveles de conformidad o satisfacción.

decisiones siguiendo un razonamiento deductivo y con una estrategia de optimización. En esas condiciones, el algoritmo genético (AG) es una herramienta de simulación útil, porque permite reproducir estrategias de aprendizaje inductivas, propias de agentes con racionalidad limitada (Kosciuczyk 2012). Ciertamente, los agentes artificiales del algoritmo genético siguen un razonamiento inductivo, porque aprenden de su entorno copiando las estrategias más exitosas.

La crítica aplica para el modelo de Solow (1979) porque, aunque se considera la información asimétrica (al reconocer que la firma desconoce el esfuerzo de los trabajadores), para resolver el proceso de optimización las firmas deben conocer su función de producción y la función de esfuerzo de los trabajadores, lo cual no es realista. En el caso especial de este artículo, la simulación mediante algoritmos genéticos permite descubrir cambios de régimen en el salario e identificar sus causas, así como determinar el efecto de la política de salario mínimo en el contexto simulado.

Este artículo está organizado de la siguiente forma: la primera parte revisa la teoría de salarios de eficiencia, sustentándola en la correlación directa entre los salarios y el esfuerzo, y el modelo de selección adversa que incorpora la heterogeneidad de los agentes; en la segunda parte se presenta una introducción a los algoritmos genéticos y sus aplicaciones en la economía; en la tercera, se explica el modelo base para las simulaciones; en la cuarta, se exponen y comentan los resultados de las simulaciones; y finalmente se presentan las conclusiones.

2. Salarios de eficiencia

La teoría de salarios de eficiencia afirma que la productividad de los trabajadores en la empresa está correlacionada positivamente con el salario. Si los trabajadores reciben un salario relativamente más alto, pueden ser más leales, laboriosos y trabajarán más duro para mantener su puesto de trabajo. Las empresas fijan los salarios de forma unilateral y deciden no reducir los salarios hasta el nivel de equilibrio del mercado debido al efecto perjudicial que esto tendría sobre el esfuerzo del trabajador, su productividad y, en última instancia, sobre los beneficios de la empresa. Los salarios de eficiencia son un concepto adoptado por el nuevo keynesianismo, para explicar el desempleo involuntario a partir de la formación de salarios, por encima del salario que vacía el mercado. Además, ya que con el salario de eficiencia hay

mayor probabilidad de que el pago cubra el salario de reserva, aumenta el número de personas en búsqueda de trabajo.

Solow (1979) es pionero en la conceptualización y formalización de la teoría de los salarios de eficiencia. Su modelo supone una relación directa entre el salario que recibe el trabajador y su productividad, lo que incide en lo que Solow llamó trabajo efectivo. Solow concluye que el salario real óptimo a pagar por la firma depende de la especificación de la relación entre salario y esfuerzo, y no de la relación entre la oferta y demanda del mercado de trabajo que asume la teoría neoclásica

Para obtener esa conclusión, Solow (1979) define una función de producción, en la que el volumen de producción q de la empresa depende tanto del número de trabajadores contratados L , como del esfuerzo de estos n .

$$q = q(nL)q'(\cdot) > 0, q''(\cdot) < 0 \quad (1)$$

Después introduce la hipótesis de que el esfuerzo es una variable que depende positivamente del salario w que paga la empresa:

$$n = n(w)n'(w) > 0 \quad (2)$$

La empresa representativa se enfrenta al problema de maximización de beneficios, para lo cual debe decidir cuánto trabajo contratar y cuanto salario pagar a sus trabajadores:

$$\max_{L,w} \pi = p * q(n(w)l) - wl \quad (3)$$

La solución del problema de maximización (3), corresponde al punto en que la elasticidad del esfuerzo respecto al salario es igual a uno. Esto es lo que se conoce como la condición de Solow:

$$e'(w) * \frac{w}{e} = 1 \quad (4)$$

Luego de que la empresa encuentre el salario w^* que maximiza su beneficio, fijará su demanda de trabajo l^* , donde la productividad marginal del trabajo sea igual al salario de eficiencia. Si en la economía existen N empresas idénticas que operan en mercados competitivos y todas pagan salarios de eficiencia, y si ese salario óptimo está por encima del salario que vacía el mercado, se generará desempleo involuntario (Caraballo 1996).

$$\text{Empleo total} = N * l^* \quad (5)$$

$$\text{si } N * l^* < \bar{L} \rightarrow U(\% \text{ Desem}) = \frac{\bar{L} - N * l^*}{\bar{L}} * 100 \quad (6)$$

En los modelos de *selección adversa*, la productividad θ del trabajador depende de su habilidad. Los trabajadores son heterogéneos en cuanto a su dotación de habilidades, así que $\theta_i \in [\underline{\theta}, \bar{\theta}]$, y los empresarios conocen la distribución de habilidades de la población. Se supone también que el salario de reserva $r(\theta)$ del trabajador y su habilidad están positivamente correlacionados: $\frac{dr}{d\theta} > 0$. Por ende, la disposición a trabajar por un salario bajo es considerada una señal de menor nivel de habilidades poseídas por los trabajadores baratos (Riveros 1993).

Bajo información asimétrica la empresa no puede distinguir a los trabajadores, así que ofrece un salario único w . Si existen muchas empresas, la demanda de la firma $z(w) \in (0, \infty)$ cuando el valor esperado de la productividad iguale al salario: $E\{\theta \mid \theta : r(\theta) \leq w\} = w$. El salario de equilibrio w^* resultante funciona como un mecanismo de autoselección que atrae a los trabajadores con más habilidades, porque si se reduce el salario, también cae el valor esperado de la productividad. El resultado es que en promedio, las firmas pagarían un salario de contratación superior al salario de mercado.

Ya se comentó que una de las razones para incorporar la heterogeneidad de los trabajadores, a partir de la estructura del modelo de Solow (1979), son las críticas al supuesto de correlación positiva entre la habilidad y el salario de reserva. Otro punto a favor de la modelación de Solow es que va a permitir que las estrategias de los agentes en la simulación tengan en cuenta las condiciones del mercado. Siguiendo a Summers (1988), el esfuerzo del trabajador puede hacerse depender, además del salario percibido, de la tasa de desempleo y el salario promedio del mercado. Con esto, la condición (4) queda de la siguiente forma:

$$e'(w, w_a, u) * \frac{w}{e} = 1 \quad (4b)$$

Mientras que en el modelo de selección adversa, pagar salarios bajos implica necesariamente baja productividad promedio; cuando el esfuerzo depende no solo del salario sino del salario de referencia y la tasa de desempleo, la estrategia de salario bajo es otra estrategia viable para las firmas, porque $\frac{de}{dw_a} < 0$. Con salarios pequeños cae el producto marginal del trabajo, así

que se pueden contratar más trabajadores y cae la tasa de desempleo, lo que también trae un efecto positivo sobre el esfuerzo, ya que $\frac{de}{du} < 0$.

3. Algoritmos genéticos

Los algoritmos genéticos son procedimientos estocásticos adaptativos que sirven para resolver problemas de búsqueda de la solución óptima a un problema de optimización. Están inspirados en la biología y, concretamente, en la teoría de la evolución de las especies de Darwin. Imitando este proceso, los algoritmos genéticos logran ir creando soluciones a problemas de distinta naturaleza en múltiples disciplinas.

En función de su uso en la economía, los algoritmos genéticos pueden ser clasificados como una herramienta instrumental (optimización) o como herramienta descriptiva (modelar el comportamiento de los sistemas).

Cuando en un modelo el comportamiento de los agentes y sus interacciones se torna muy complejo, se vuelve matemáticamente intratable y las técnicas de optimización tradicionales no pueden utilizarse para determinar la solución óptima. El algoritmo genético se usa frecuentemente como procedimiento de optimización, gracias a su capacidad para encontrar buenas soluciones, aun en ambientes confusos e inestables. Como ejemplo puede mencionarse a Winoto (2002), quien emplea un algoritmo genético para determinar los castigos óptimos (penas en años de cárcel y multas) para diferentes tipos de crímenes.

Sin embargo, el uso más atrayente de los algoritmos genéticos es como herramienta descriptiva, es decir, la modelación del comportamiento de los agentes económicos. Comúnmente la intención al utilizar los algoritmos genéticos en la modelación económica es mejorar la comprensión del fenómeno observado, mediante la recreación de escenarios y la observación del comportamiento de las variables de interés. En contraste con la modelación de la economía neoclásica, la modelación a través de algoritmos genéticos no asume que las acciones de los individuos sean completamente racionales, es decir, funciona en un contexto de racionalidad limitada.

La economía del comportamiento sostiene que los agentes económicos son heterogéneos, y se caracterizan por diversas competencias, creencias y expectativas, así como por diferentes grados de acceso y capacidad de procesamiento de los flujos de información. También reaccionan de manera local y autónoma en un ambiente dado. Los agentes económicos no son

globalmente inteligentes, y el aprendizaje para la toma de decisiones tiende a ser más descentralizado que centralizada y más inductivo que deductivo.

Esto crea un nuevo marco conceptual en el que los propios agentes son sujetos evolutivos, no dotados a priori de ningún concepto de racionalidad, sino que construyen sus comportamientos en el curso del aprendizaje, por tanto deben tener la capacidad de repetir, imitar e innovar estrategias. Este contexto hace de los algoritmos genéticos una buena opción como herramienta para la modelación económica.

Como lo explica Riechmann: “Una de las metáforas que puede usarse para representar el aprendizaje en economía es la forma de aprendizaje de los algoritmos genéticos. El aprendizaje en los algoritmos genéticos es una forma de aprendizaje social más que individual. El aprendizaje social significa aprender unos de los otros” (Riechmann 1998, 225).

Geisendorf (1999) y Schunk (2003) son aplicaciones con estas características, porque además de modelar el comportamiento de los recursos naturales renovables y no renovables respectivamente, utilizan el modelo para evaluar el comportamiento de las variables como capturas o extracción de los recursos, ante algunas medidas con propósitos de conservación y uso eficiente de los recursos.

Méndez (2008) simula el impacto de la aplicación de las tasas retributivas en Colombia, considerando el comportamiento estratégico de las empresas contaminadoras, originado por su racionalidad limitada y el cumplimiento parcial de la autoridad ambiental, en sus actividades de facturación y monitoreo.

Faria (2004) modela un mercado laboral artificial mediante algoritmos genéticos, en el cual se intenta mostrar en qué circunstancias surge la cooperación entre los agentes: firmas y trabajadores, y cómo emerge endógenamente el equilibrio a partir de las interacciones descentralizadas de agentes autónomos y adaptativos.

Los dos tipos de agentes, empresas y trabajadores, tienen diferentes funciones de pago y habilidades de aprendizaje que les permiten desarrollar unas normas de comportamiento que son activadas selectivamente. En un marco de contratos incompletos, cada salario ofrecido por la empresa se asocia a un nivel de esfuerzo elegido por el empleado. De acuerdo con las rentabilidades obtenidas, las reglas de comportamiento son redefinidas y se obtienen nuevos pagos en la próxima iteración. Este proceso se repite un gran número de veces.

Posteriormente se introdujeron cambios al modelo, incluyendo la reciprocidad, diversidad y

tasa de desempleo con el propósito de encontrar nuevos resultados. Lo que evidencia este artículo es cómo las simulaciones computacionales basadas en agentes pueden ayudar a explicar las complejas relaciones entre macro y micro realidades emergentes y, en consecuencia, dar otro punto de vista acerca de las estructuras de interacción, heterogeneidad y procesos evolutivos de agentes adaptativos.

3.1 Estructura y funcionamiento

El algoritmo genético artificial atribuido a Holland (1975) consiste en un número de cadenas (cromosomas) que codifican la información sobre el comportamiento de diferentes individuos, de una población en su ambiente, y algunos operadores del algoritmo genético modifican estas cadenas. Los comportamientos son evaluados mediante una función de ajuste, que simula el ambiente en el que se desenvuelven los individuos. Las cadenas mejor adaptadas obtienen las puntuaciones más altas, lo que les asegura mayor probabilidad de ser escogidos por el operador de selección, para intervenir en la etapa de reproducción. Dichas cadenas experimentan los procedimientos de cruce y mutación, lo que produce nuevos individuos (cadenas) descendientes de los anteriores, los cuales comparten ciertas características de sus padres. De esta manera, se produce una nueva población que reemplaza a la anterior y experimenta las mismas operaciones, hasta que la población converge.

En definitiva, la implementación de un algoritmo genético estándar consta de cinco pasos: codificación, selección, reproducción, cruce y mutación. Los últimos cuatro pasos son procesos estocásticos que pueden dividirse en procesos generadores y procesos restrictivos.

Los procesos generadores son procesos en los cuales se desarrollan nuevas estrategias o formas de comportamiento de los individuos; forman parte de estos la reproducción y los operadores genéticos de cruce y mutación.

A diferencia de los procesos generadores, los procesos restrictivos reducen el número de estrategias disponibles para los individuos mediante el operador de selección. Se trata de depurar las estrategias permitiendo que continúen solo las más competitivas.

3.1.1. Codificación

En el AG estándar los individuos (sus estrategias) se representan mediante una cadena de bits¹³ (cadena de ceros y unos). Entonces un individuo genético de longitud L consiste de L

¹³ Realizando un paralelo con la biología, la cadena de bits simula a los cromosomas (cadenas de genes). Un gen es información que codifica las características de un individuo.

símbolos 0 y 1. El conjunto completo de los posibles individuos genéticos distintos de longitud L será: $S \in \{0,1\}^L$ y su cantidad: $|S| \equiv N = 2^L$.

Estos individuos genéticos se transmiten de generación en generación durante varias épocas. Al conjunto de individuos de una misma generación se le denomina población. La población en un algoritmo genético consta de un subconjunto de dimensión M de todos los posibles individuos genéticos distintos de longitud L ; es decir $M < N$. La cantidad de todas las posibles poblaciones genéticas “ \mathfrak{S} ” está dada por:

$$\mathfrak{S} = \binom{M + N - 1}{M} \quad (7)$$

La inicialización de la población normalmente se hace de manera aleatoria.

3.1.2. Selección

Para seleccionar los individuos genéticos que pasan de una generación a otra, se debe obtener el valor que le corresponde a cada individuo de la población, decodificando la cadena de bits, y después se evalúa su competitividad respecto a los otros (en el problema a ser resuelto), utilizando alguna función de ajuste. Si el algoritmo genético funciona bien y el problema está correctamente planteado, el promedio de la función de ajuste, a medida que transcurren las distintas generaciones, debe declinar.

Dentro del contexto de aprendizaje social caracterizado por el algoritmo genético, la asignación del ajuste de cada individuo genético es una parte crucial en el proceso de aprendizaje, porque permite decidir cuáles individuos (estrategias) se reproducen y cuáles no.

3.1.3. Reproducción

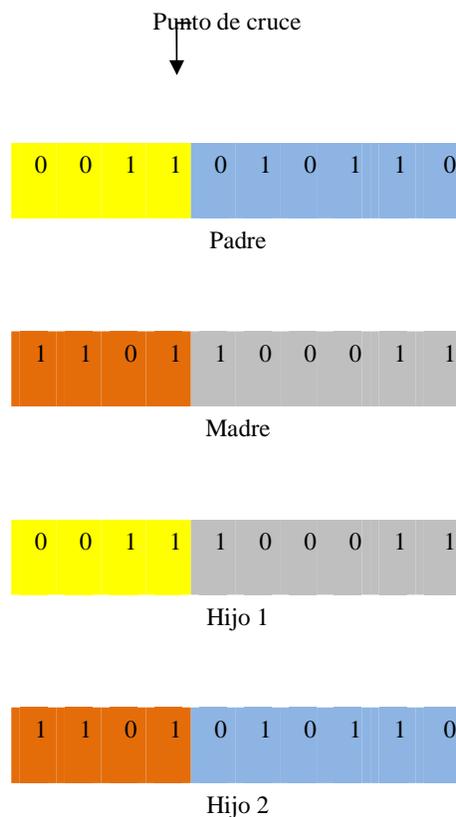
La reproducción es el proceso mediante el cual se deriva una nueva población, a partir de los individuos de la generación precedente, con mejor medida de ajuste.

La reproducción puede ser interpretada como aprendizaje por imitación, ya que los individuos (agentes económicos) con peor estrategia copian las estrategias más exitosas de los miembros de la población.

3.1.4. Cruce

El operador de cruce toma dos padres y divide sus cadenas en dos partes, con punto de cruce seleccionado al azar. A continuación se crean individuos genéticos nuevos, por la recombinación de las partes de sus dos padres, de forma tal, que los descendientes heredan genes de cada uno de ellos. Este operador se conoce como operador de cruce basado en un punto (figura 3.1). Habitualmente el operador de cruce no se aplica a todos los pares de individuos que han sido seleccionados para emparejarse, sino de manera aleatoria con una probabilidad que está entre $[0,5,1]$.

Figura 3.1. Cruce basado en un punto



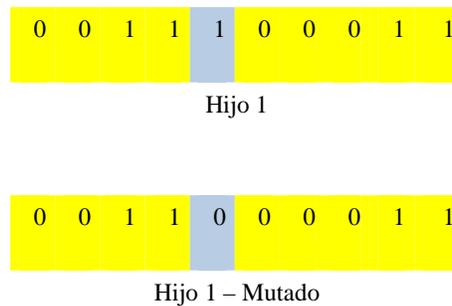
Fuente: Méndez (2008).

La operación de cruce puede ser interpretada como aprendizaje por comunicación, porque los individuos representados por las cadenas de bits toman cada uno parte de las estrategias del otro, con la intención de crear nuevas y mejores estrategias.

3.1.5. Mutación

La mutación se aplica a cada descendiente de manera individual, y consiste en la alteración aleatoria y con probabilidad pequeña de algún bit de la cadena. La posición de la cadena cuyo bit tendrá la posibilidad de mutar también es seleccionada al azar (figura 3.2).

Figura 3.2. Operador de mutación



Fuente: Méndez (2008).

La mutación puede ser vista como aprendizaje por experimentación, y asegura que ninguna estrategia del conjunto disponible S tenga probabilidad cero de ser explorada.

4. Modelo de mercado del trabajo

El modelo se apoya en la conceptualización y formalización de la teoría de los salarios de eficiencia de Solow (1979), para definir las características de los agentes del mercado artificial del trabajo, que será simulado mediante los algoritmos genéticos. Se asumen agentes que ofrecen con su trabajo un esfuerzo decreciente positivo en función del salario real, conforme a la hipótesis de salarios de eficiencia, y firmas que pagan salarios superiores al que equilibra el mercado, para generar un esfuerzo en sus trabajadores que maximice sus beneficios.

Las firmas tienen una función de producción que está dada por:

$$y = A * (e * l)^\alpha \quad (8)$$

Donde y es el producto, A es un parámetro tecnológico, e es el nivel de esfuerzo desarrollado por los trabajadores, l es el trabajo contratado por la firma y α la elasticidad del trabajo.

Su objetivo es la maximización de sus beneficios, y para ello deben decidir el salario w a pagar y el número de trabajadores l por contratar.

$$\text{Max}_{w,l} \pi = p * A * (e * l)^\alpha - wl \quad (9)$$

Siguiendo a Summers (1988), se asume que el esfuerzo del trabajador depende del salario percibido, la tasa de desempleo y el salario promedio del mercado:

$$e = \left\{ \begin{array}{ll} \left(\frac{w-x}{x}\right)^\beta & w > x \\ 0 & w \leq x \end{array} \right\} \quad (10)$$

$$x = (1 - b * u)w_a \quad (11)$$

Donde $0 < \beta < 1$, x es una medida de las condiciones del mercado, $b > 0$, el parámetro u es la tasa de desempleo y w_a es el salario alternativo o de referencia. Si $b = 1$ entonces x es el salario alternativo multiplicado por la proporción de trabajadores que están empleados. La principal característica de esta función definida por las ecuaciones (10) y (11) es que el esfuerzo incrementa menos proporcionalmente que $w - x$ para $w > x$.

Dadas las funciones de producción (8) y de esfuerzo (10), (11), y recordando que en la solución óptima (9), bajo homogeneidad de trabajadores y firmas, la elasticidad del esfuerzo respecto al salario es igual a uno.

$$\beta * \frac{w}{\left(\frac{w-x}{x}\right)^\beta} * \left(\frac{w-x}{x}\right)^{\beta-1} * \frac{1}{x} = 1 \quad (12)$$

De donde se deriva la expresión para el salario óptimo en función del salario alternativo y la tasa de desempleo:

$$w^* = \frac{1 - bu}{1 - \beta} w_a \quad (13)$$

En equilibrio todas las firmas pagan el mismo salario, así que $w = w_a$. Reemplazando esto en (13), se obtiene la tasa de desempleo de equilibrio.

$$u^* = \frac{\beta}{b} \quad (14)$$

A partir de (10) y (11) y con $w = w_a$ se encuentra el nivel de esfuerzo óptimo:

$$e^* = \left[\frac{w_a - (1 - b * u)w_a}{(1 - b * u)w_a} \right]^\beta = \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right)^\beta \quad (15)$$

Una de las condiciones de primer orden del proceso de maximización de beneficios (9) es:

$$w = eF'(el) \quad (16)$$

El empleo total L^* en el equilibrio es:

$$L^* = (1 - u^*) * \bar{L} \quad (17)$$

Donde \bar{L} es la fuerza de trabajo. Si en el mercado existen N firmas homogéneas, cada empresa contrata $l^* = L / N$ trabajadores.

A partir de (15), (16) y (17) se puede obtener el salario de equilibrio:

$$w^* = \left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right)^\beta F' \left[\left(\frac{\beta}{1 - \beta} \right)^\beta * \frac{\left(1 - \frac{\beta}{b}\right) * \bar{L}}{N} \right] \quad (18)$$

Las expresiones w^* y l^* arrojan valores del salario y el empleo que maximizan los beneficios de la firma, bajo el supuesto tradicional de la economía ortodoxa de homogeneidad de firmas y trabajadores. La tabla 3.1 muestra los valores asumidos para los parámetros¹⁴ de las funciones de producción y esfuerzo, así como la tasa de desempleo resultante, el valor del salario óptimo, la demanda de trabajo de la firma y el esfuerzo desarrollado por los trabajadores.

Tabla 3.1. Valores de los parámetros

Parámetros para la simulación		
Función de producción:	A	α
	179	0,62
Función de esfuerzo:	β	b

¹⁴ Los parámetros A , α , β y b fueron escogidos con el propósito de que los valores óptimos del salario w^* y el empleo l^* correspondieran a números enteros (para que el algoritmo genético pueda encontrar la respuesta exacta), que estuvieran dentro de los intervalos de estrategias definidas en el algoritmo genético para dichas variables, y se obtuviera una tasa de desempleo de equilibrio con un nivel similar a las observadas en la realidad.

	0,1875	2,0
Fuerza de trabajo (\bar{L})		2560
Número de firmas (N)		40
Resultados		
Tasa de desempleo (u^*):		0,0937
Empleo (l^*):		58
Esfuerzo (e^*):		0,7596
Salario (w^*):		20

Fuente: elaboración propia.

5. Simulación

La simulación del mercado artificial del trabajo tiene como propósito descubrir la dinámica de los salarios y el empleo cuando se incorporan heterogeneidades en trabajadores y firmas. Esta estrategia de simulación mediante algoritmos genéticos relaja los supuestos usuales de la economía ortodoxa del agente racional tradicional y el concepto de agregación del agente representativo, permitiendo que sean las interrelaciones entre los agentes y el aprendizaje inductivo quienes rijan la dinámica del mercado.

No obstante, en la realidad las firmas no conocen la especificación de la relación entre salario y esfuerzo de sus trabajadores $e(w)$, así que no resuelven la ecuación (4). Tampoco conocen o estiman la función de producción (1) para hallar el producto marginal del trabajo y determinar la demanda óptima de trabajo l^* . Consecuentemente, es imposible utilizar el razonamiento deductivo para resolver el problema (3), porque es impracticable. La estrategia de aprendizaje de los algoritmos genéticos permite a los agentes artificiales encontrar soluciones óptimas al problema (3), sin los requerimientos del tratamiento matemático formal y sin necesidad de desarrollar cálculos y operaciones complejas.

Se simulan cuatro escenarios caracterizados por distintos supuestos sobre el comportamiento de los agentes del mercado (trabajadores y firmas). Básicamente se contrasta la situación de homogeneidad de firmas y trabajadores, contra escenarios diferentes como homogeneidad de firmas - heterogeneidad de trabajadores, y heterogeneidad de firmas y trabajadores.

La heterogeneidad de firmas se integra al modelo mediante la diferenciación entre dos clases de empresas: firmas grandes, que emplean tecnología y formas de organización sofisticadas y complejas, intensivas en capital y que demandan mano de obra calificada; y empresas pequeñas de organización simple, intensivas en mano de obra no calificada.

Dada dicha clasificación, se asume que el salario afecta la productividad de las firmas de dos formas diferentes. En el caso de las firmas que demandan mano de obra calificada, el salario afecta la elasticidad trabajo del producto, porque las empresas que pagan salarios más altos contratan a los trabajadores más productivos, ya que así atraen a los individuos más calificados, con mayor habilidad para desarrollar su trabajo.

$$y = A * l^{\alpha(w)} \quad (19)$$

Por otra parte, las empresas intensivas en mano de obra no calificada pagan a sus trabajadores salarios de eficiencia para afectar su nivel de esfuerzo. La idea es que dada su menor productividad y bajos beneficios, este tipo de empresas pagan a sus trabajadores salarios más bajos que el promedio del mercado, así que el salario recibido no es suficiente motivación para que el trabajador desarrolle un 100% de su esfuerzo.

$$y = A * [e(w) * l]^{\alpha} \quad (20)$$

Wadhvani y Wall (1991) presentan una discusión de las especificaciones (19) y (20), para representar el efecto de los salarios de eficiencia sobre el producto.

5.1. Escenario de simulación 1

En este escenario el mercado del trabajo está constituido por N empresas idénticas y una fuerza de trabajo \bar{L} , todos los trabajadores con la misma función de esfuerzo y habilidades (homogeneidad de firmas y trabajadores). Los valores de los parámetros son los definidos en la tabla 3.1.

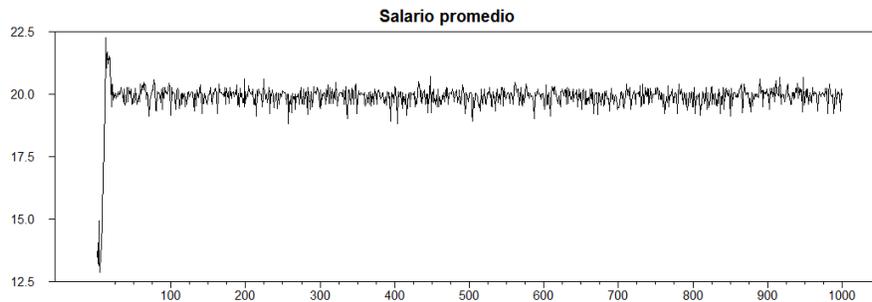
Las poblaciones iniciales de las estrategias de salario y empleo en el algoritmo genético son generadas a partir de distribuciones uniformes con límites iguales a los límites inferiores y superiores de los rangos de las variables salario $w \in [1,32]$ y empleo $l \in [1,64]$. La probabilidad de mutación es de 0,05. El salario alternativo w_a se toma como el salario promedio del mercado.

$$w_a = \frac{\sum_{j=1}^N w_j}{N} \quad (21)$$

Las figuras 3.3 y 3.4 presentan los resultados de la simulación del mercado de trabajo mediante el algoritmo genético, para las variables salario y empleo. Se observa que

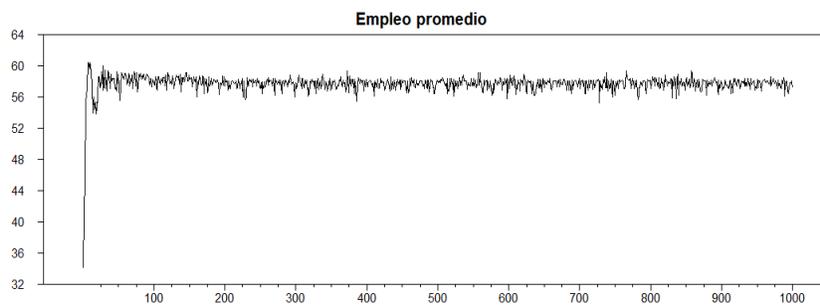
aproximadamente en la generación sesenta se alcanza la estabilidad de las sendas del salario promedio que converge a $w^* = 20$ y el empleo promedio que converge a aproximadamente $l^* = 58$. La tasa de desempleo u^* se estabiliza en un nivel ligeramente por debajo de 10% y el beneficio promedio de las firmas es $\pi^* \cong 750$ (sus figuras no se presentan aquí por problemas de espacio). Como se trata de los mismos resultados que los obtenidos mediante el análisis formal, se puede concluir de esta primera simulación que el algoritmo genético funciona correctamente. Se demuestra de esta forma que la estrategia de aprendizaje inductiva que rige la evolución de las estrategias en el algoritmo genético puede competir con el razonamiento deductivo del análisis formal.

Figura 3.3. Salario promedio del mercado



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.4. Nivel de empleo promedio



Fuente: elaboración propia.

5.2. Escenario de simulación 2

Este caso simula un mercado de trabajo para la mano de obra calificada, cuya demanda proviene por ejemplo de los sectores industriales más asociados a la tecnología y se pagan los salarios más altos. Los trabajadores son heterogéneos porque tienen diferentes niveles de calificación o habilidad para desarrollar su trabajo. Esta habilidad es representada por el parámetro de productividad $\beta_i, \forall i=1, \dots, \bar{L}$ en la expresión (22). El criterio utilizado para el emparejamiento de firmas y trabajadores es que las empresas que ofrecen salarios más altos contratan a los trabajadores más calificados, es decir, con un parámetro β_i más alto. Se asume que las firmas pagan a todos sus trabajadores contratados el mismo salario.

La función de producción de las firmas sigue la expresión (19) y adopta la siguiente forma:

$$y_i = A * l_i^{\alpha + \frac{\sum \beta_j}{l_i}} \quad (22)$$

Por lo tanto, la elasticidad del trabajo es más alta, cuando se contratan los trabajadores más calificados, lo que depende de la oferta de salario de la firma. Los exponentes β_i para los \bar{L} individuos que componen la fuerza de trabajo, son generados a partir de una distribución normal:

$$\beta \sim N(0,1875 ; \sigma_\beta^2) \quad (23)$$

Para que los trabajadores alcancen su máximo rendimiento, y se aproveche todo su conocimiento y habilidades, su esfuerzo debe ser de uno. Observando las expresiones (10) y (11), para que el esfuerzo $e^* = 1$ se requiere que:

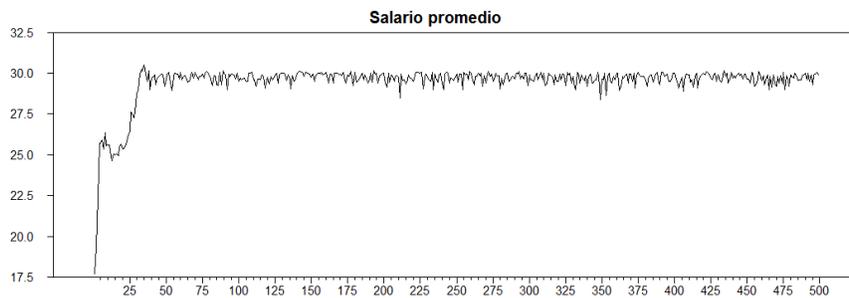
$$\frac{w}{(1 - b * u)w_a} \geq 2 \quad (24)$$

Si $\sigma_\beta^2 = 0$, es decir que los trabajadores son homogéneos en cuanto a su nivel de calificación, y si la tasa de desempleo tiende a cero, para que $e^* = 1$ se requiere que $w = 2w_a$. Lo cual puede ocurrir en la realidad porque se trata de mano de obra calificada que es contratada por el sector más productivo de la economía y que logra los mayores beneficios. Aquí se asume que $w_a = 15$.

Las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 muestran la dinámica de los salarios, cuando las varianzas del parámetro de calificación del trabajador son: $\sigma_\beta^2 = 0,00$, $\sigma_\beta^2 = 0,02$ y $\sigma_\beta^2 = 0,05$.

En la figura 3.5 se observa que cuando los trabajadores son homogéneos ($\sigma_\beta^2 = 0,0$) el salario promedio es aproximadamente $w^* = 30$, dos veces el salario promedio del mercado, así que las firmas pagan un salario lo suficientemente alto como para aprovechar completamente las habilidades de sus empleados ($e^* = 1$). Esto demuestra que el algoritmo genético funciona bien ya que puede replicar los resultados del análisis formal.

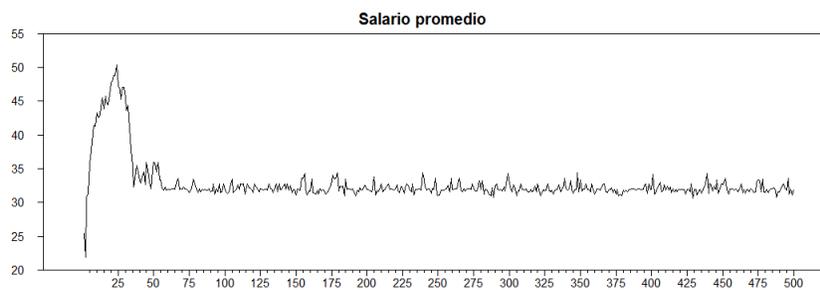
Figura 3.5. Salario promedio del mercado ($\sigma_\beta^2 = 0,00$)



Fuente: elaboración propia.

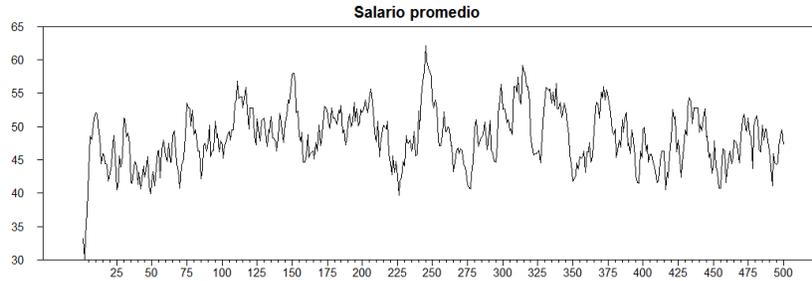
Las figuras 3.6 y 3.7 desvelan que tanto la oferta de salario de las firmas como su varianza, aumentan con la variabilidad en la habilidad de los trabajadores σ_β^2 . Para $\sigma_\beta^2 = 0,02$ se tiene que el salario promedio es de aproximadamente $w^* = 32$ (figura 3.4); cuando aumenta la variabilidad ($\sigma_\beta^2 = 0,05$) el salario promedio w^* fluctúa entre 40 y 60 (figura 3.7).

Figura 3.6. Salario promedio del mercado ($\sigma_\beta^2 = 0,02$)



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.7. Salario promedio del mercado ($\sigma_{\beta}^2 = 0,05$)



Fuente: elaboración propia.

5.3. Escenario de simulación 3

Este escenario simula un submercado del trabajo para firmas del sector menos productivo de la economía, intensivas en mano de obra no calificada. La heterogeneidad de la fuerza de trabajo se induce en este mercado artificial, asumiendo diferencias en la percepción de los individuos acerca del salario de referencia w_a .

En efecto, si el salario de referencia se interpreta como un salario justo, o como el valor de la fuerza de trabajo de Marx, esta variable económica adquiere un carácter individual (heterogéneo), porque depende de las necesidades físicas (salud, alimentación, vivienda, calzado, etcétera), de capacitación, culturales, educativas y recreativas del trabajador y su familia, surgidas de las condiciones sociales, culturales e históricas que configuran el entorno general del trabajador.

Los trabajadores con un salario de referencia w_a más bajo son más productivos, porque a partir de (10) y (11), $\frac{\partial e}{\partial w_a} < 0$. Igual que en el escenario de simulación 2, las firmas que ofrecen salarios más altos contratan a los trabajadores que más se esfuerzan (*ceteris paribus*), es decir, con un salario de referencia más bajo. Así, la función de producción de las firmas queda de la siguiente forma:

$$y_i = A * \left[\sum_{j=1}^{L_i} e_j(w_i, w_{aj}) \right]^{\alpha} \quad (25)$$

Los salarios de referencia w_{aj} para cada uno de los \bar{L} individuos que componen la fuerza de trabajo son generados a partir de una distribución normal:

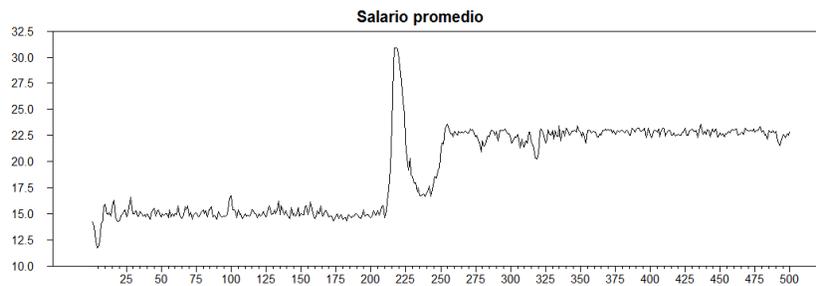
$$w_{aj} \sim N(\bar{w}, \sigma_{w_a}^2) \quad (26)$$

Donde \bar{w} es el salario promedio del mercado.

Las figuras 3.8 a 3.12 exhiben los resultados de la simulación generados a partir de una variabilidad en el salario de referencia de $\sigma_{w_a}^2 = 2,0$. Se observa la existencia de dos sendas de salario: $w_1^* \cong 15, w_2^* \cong 22,5$ y de empleo $l_1^* \cong 60, l_2^* \cong 54$.

En el caso particular de homogeneidad de trabajadores, con salario de referencia igual al salario promedio del mercado, el análisis formal de esta cuarta parte encontró valores de: $w^* = 20$ para el salario óptimo y de $l^* = 58$ para el empleo óptimo. Entonces, la heterogeneidad en la percepción del salario de referencia genera salarios que pueden estar por encima ($w_2^* \cong 22,5$) o por debajo ($w_1^* \cong 15$) del salario óptimo ($w^* = 20$) para la situación de homogeneidad (figura 3.8).

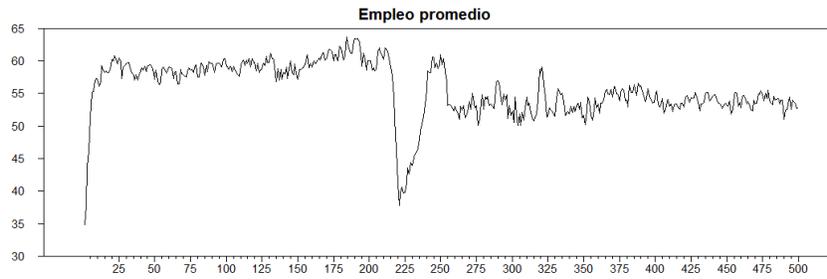
Figura 3.8. Salario promedio del mercado ($\sigma_{w_a}^2 = 2,0$)



Fuente: elaboración propia.

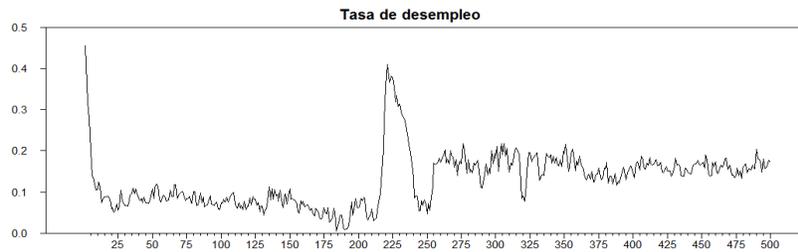
Cuando se ofrece un salario más bajo $w_1^* \cong 15$, la demanda de empleo de las firmas es superior al óptimo bajo homogeneidad $l^* > 58$ (figura 3.9), alcanzándose tasas de desempleo por debajo de 9% (figura 3.10). El salario más alto genera niveles de desempleo superiores cercanos a 20% (figura 3.10).

Figura3. 9. Empleo promedio ($\sigma_{w_a}^2 = 2, 0$)



Fuente: elaboración propia

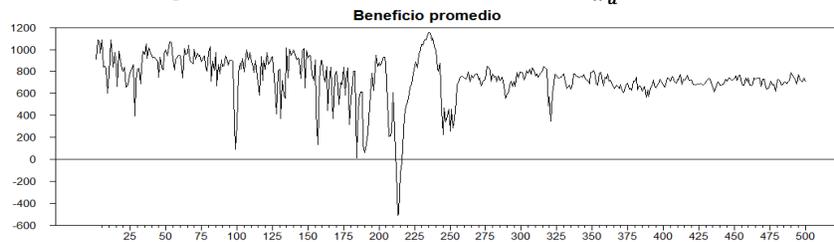
Figura 3.10. Tasa de desempleo ($\sigma_{w_a}^2 = 2, 0$)



Fuente: elaboración propia

La figura 3.11 revela que en la primera senda asociada a la oferta de salario más baja, el beneficio promedio de las firmas es muy inestable, va desde beneficios casi nulos, hasta valores superiores al nivel de 1.000. Es decir, los beneficios pueden estar por encima o por debajo del beneficio óptimo bajo homogeneidad ($\pi^* \cong 750$). En la senda de oferta de salario más alta, los niveles de beneficios están más próximos a los de la situación de homogeneidad, pero tienen una ligera variabilidad.

Figura 3.11. Promedio de beneficios ($\sigma_{w_a}^2 = 2, 0$)



Fuente: elaboración propia.

Con la ayuda de las figuras 3.8, 3.9, 3.10, 3.11 es posible explicar la dinámica de las variables de interés, especialmente el comportamiento que atañe a las dos sendas obtenidas como resultado la simulación. Así, se observa en las figura 3.8 y 3.9 que para la primera estrategia de salario de las firmas -la de salario bajo la demanda de empleo de las firmas aumenta paulatinamente. El punto crítico se alcanza cuando las tasas de desempleo tienden a 0,0% (figura 3.10), lo que implica, dada la heterogeneidad de los trabajadores, que con el paso de las generaciones los individuos que tienen salarios de referencia altos (por tanto, se esfuerzan menos) están cambiando su situación laboral de parados a empleados. Al contratar a los trabajadores menos productivos, los beneficios de las firmas caen, como se observa en la figura 3.11 (generación 210) y esto obliga a las firmas a cambios en las estrategias de salario y empleo. Es decir, las firmas ofrecen un salario más alto y reducen la demanda de empleo, que es lo observado en la senda dos.

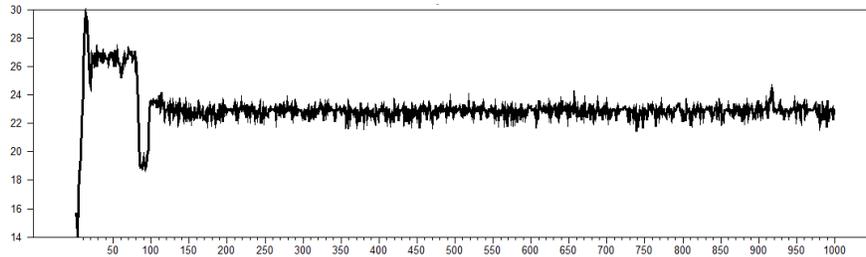
Sin embargo, otro escenario posible es el siguiente: las firmas pueden optar por competir por los trabajadores que desempeñan un mayor nivel de esfuerzo (con el salario de referencia más bajo) ofreciendo salarios altos ($w^* = 22,5$). Sin embargo, dada la heterogeneidad de trabajadores, algunas firmas alcanzan resultados negativos en sus beneficios, al ofrecer salarios altos a trabajadores que se esfuerzan poco. Allí puede surgir nuevamente la estrategia de salario bajo ($w^* = 15$).

5.3.1. Análisis de sensibilidad del efecto del desempleo sobre el esfuerzo de los trabajadores.

Cuando el parámetro de la función de esfuerzo b se cambia de un valor de 2.0 a 1.0, se presentan modificaciones en el salario y el empleo de equilibrio. Si se reduce b , la tasa de desempleo tendrá menor peso en la función de esfuerzo, así que las empresas se ven obligadas a pagar mayores salarios para incentivar el esfuerzo que desarrollan los trabajadores. Para el nuevo valor del parámetro también se obtuvieron dos sendas para el salario de equilibrio: $w^* = 26,5$ y $w^* = 22,5$ (Ver figura 3.8b). En esta simulación una vez se alcanza la senda de salario más bajo esta se mantiene en el tiempo, pero en otras simulaciones esto puede cambiar. La demanda de empleo presenta mayor variabilidad comparada con el caso en el que $b = 2.0$. Cuando el salario es más alto ($w^* = 26,5$) la demanda de empleo promedio de las

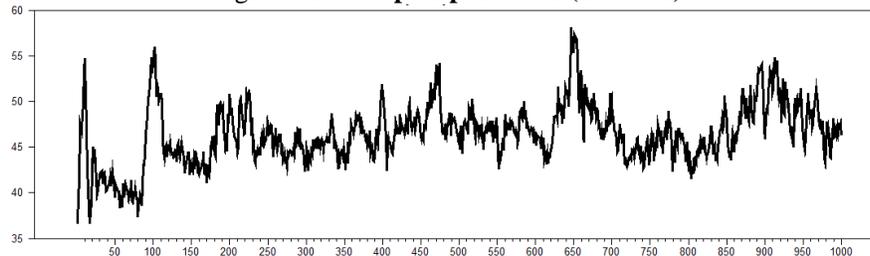
firmas es de aproximadamente 40. Para el nivel de salario más bajo ($w^* = 22,5$) la demanda de empleo fluctúa entre 43 y 55 trabajadores (Ver figura 3.9b).

Figura 3.8b. Salario promedio del mercado ($b = 1.0$)



Fuente: elaboración propia.

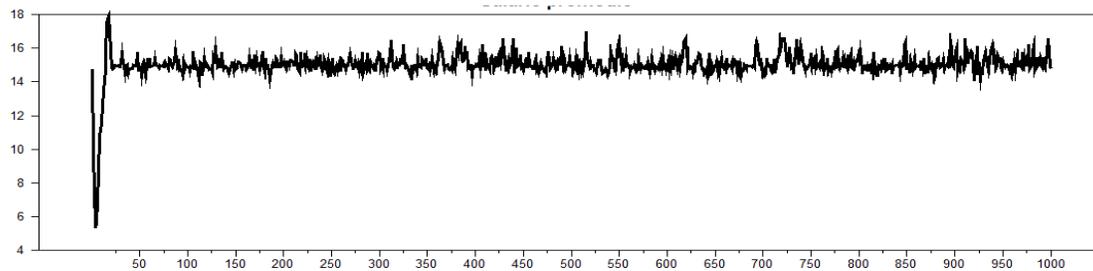
Figura 3.9b. Empleo promedio ($b = 1.0$)



Fuente: elaboración propia.

Cuando el parámetro de la función de esfuerzo b toma un valor de 4.0, así que las personas se esfuerzan mucho por temor a quedar desempleadas, el salario de equilibrio es la senda $w^* = 15$. La demanda de empleo promedio es muy estable de aproximadamente 60. En otras simulaciones se alcanzaron dos sendas de salario $w^* = 15$ y $w^* = 7.5$.

Figura 3.8c. Salario promedio del mercado ($b = 4.0$)



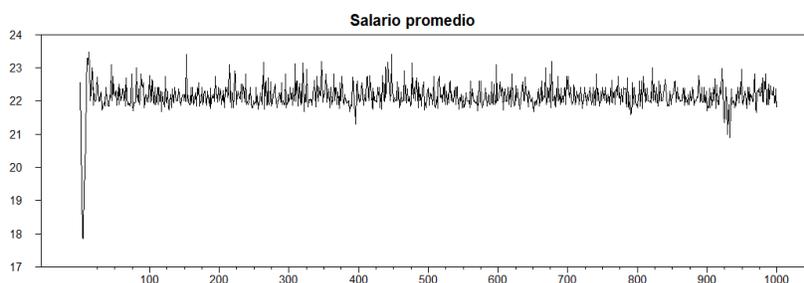
Fuente: elaboración propia.

Lo que se puede concluir es que mayor sensibilidad del efecto del desempleo sobre el esfuerzo de los trabajadores tiende a reducir el salario (como era de esperarse) pero no altera la principal conclusión de este escenario, que la heterogeneidad de los trabajadores puede conducir a dos sendas de salarios.

5.3.2 Efecto del salario mínimo

La figura 3.12 muestra el resultado de la simulación cuando existe un salario mínimo con magnitud de 15 unidades, así que $w \in [15, 32]$. En este escenario, como el salario promedio inicial es aproximadamente 23,5 -muy superior al valor de 15- el salario promedio converge al salario alto ($w^* = 22,5$), porque el esfuerzo de los trabajadores de las empresas que ofrezcan salarios bajos ($w^* = 15$) sería demasiado bajo en comparación con el salario promedio que es el de referencia. Es decir, la existencia del salario mínimo obliga a las empresas a competir mediante salarios altos.

Figura 3.12. Salario promedio del mercado ($\sigma_p^2 = 2, 0$) y salario mínimo



Fuente: elaboración propia.

5.4 Escenario de simulación 4

Este escenario simula un mercado del trabajo que combina las condiciones del escenario 2 y del escenario 3. Es decir, existen dos clases de firmas que demandan trabajo, las empresas que son intensivas en mano de obra y las intensivas en capital y demandan mano de obra calificada. En este escenario se simulan tres casos: el de homogeneidad de trabajadores, el de heterogeneidad en el parámetro de productividad, y el de heterogeneidad en el parámetro de productividad y en el salario de referencia que afecta el esfuerzo.

La tabla 3.2 registra los valores de los parámetros para la simulación. Las magnitudes de los parámetros de la función de producción son más altas para las firmas del sector 1 que las del sector 2, con el propósito de que sean más productivas y demanden la mano de obra más calificada. Los valores elegidos también tienen como propósito que la estrategia de salario y empleo óptimo sean números enteros que pertenezcan a los intervalos factibles para dichas estrategias.

Tabla 3.2. Valores de los parámetros

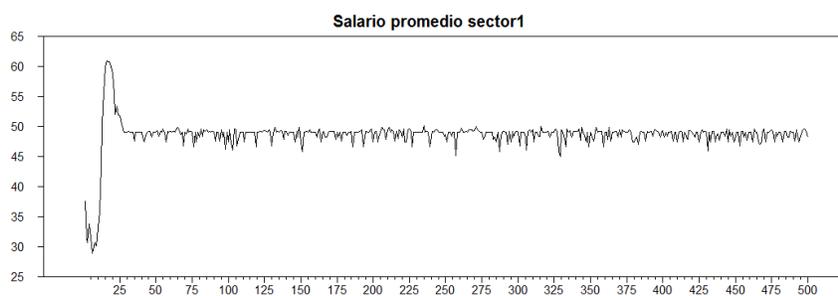
Parámetros para la simulación		
Función de producción		
Firmas sector 1	A_1	α_1
	250	0,80
Firmas sector 2	A_2	α_2
	179	0,62
Función de esfuerzo	β	b
	0,1875	2,0
Fuerza de trabajo:		2560
Número de firmas sector 1		20
Número de firmas sector 2		20
Rango de estrategia de salario		$w \in [1,64]$
Rango de estrategia de empleo		$L \in [1,64]$
Probabilidad de mutación		0,05

Fuente: elaboración propia.

Homogeneidad ($\sigma_\beta^2 = 0,0$ y $\sigma_{w_a}^2 = 0,0$)

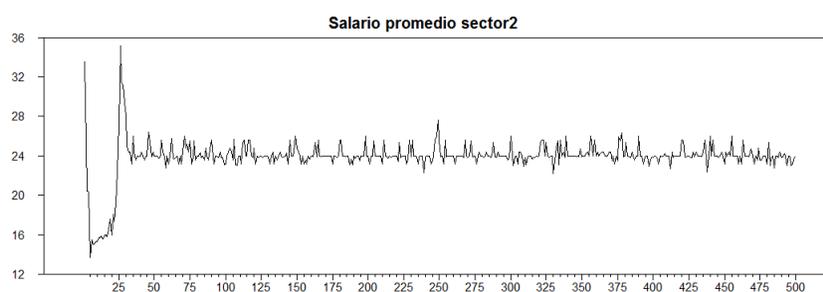
Como era de esperarse, dada la productividad más alta de las firmas del sector 1 que las del sector 2 (valores de $A_1 > A_2$ y $\alpha_1 > \alpha_2$), el sector 1 paga salarios más altos ($w_1^* \cong 50$) que el sector 2 ($w_2^* \cong 24$) (figuras 3.13 y 3.14). Debido a la alta productividad del sector 1, el ingreso marginal siempre es mayor que el costo marginal de contratar cada trabajador adicional (salario) para el rango factible de contratación $L \in [1,64]$. Por lo tanto, el empleo contratado por el sector 1 es ($L_1^* \cong 64$).

Figura 3.13. Salario promedio del sector 1



Fuente: elaboración propia.

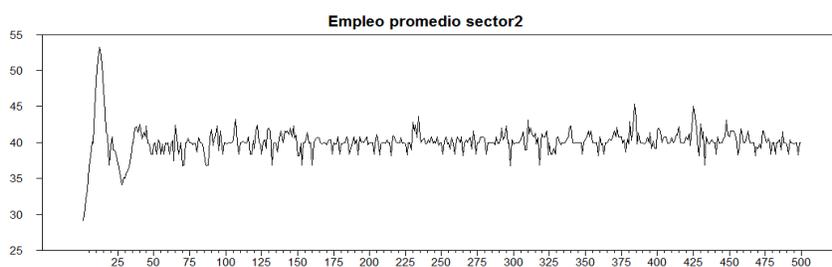
Figura 3.14. Salario promedio del sector 2



Fuente: elaboración propia.

En promedio las empresas del sector 2 tienen un nivel de contratación de empleo $L_2^* \cong 40$ (figura 3.15). El desempleo resultante es de aproximadamente 20%, generado por la restricción de contratación del sector 1 y porque el sector 2 no tiene la capacidad de absorber esta mano de obra, dada su baja productividad. Básicamente, este caso sirve como escenario de comparación contra las situaciones de heterogeneidad.

Figura 3.15. Empleo promedio del sector 2

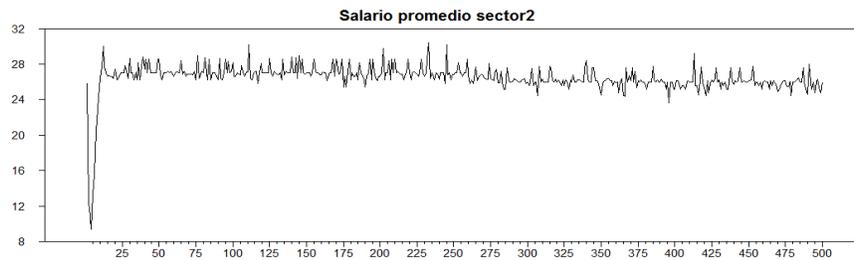


Fuente: elaboración propia.

Heterogeneidad en el parámetro de productividad ($\sigma_\beta^2 = 0,6$ y $\sigma_{w_a}^2 = 0,0$)

Cuando se agrega variabilidad en la cualificación o habilidad de los trabajadores, la competencia por contratar a los mejores trabajadores en el sector 1 hace que el salario pagado por las firmas de ese sector alcance el máximo posible $w_1^* \cong 64$. El empleo contratado por las firmas de este sector es también el máximo posible $L_1^* \cong 64$. Debido al incremento en la oferta de salario del sector 1¹⁵, tiende a aumentar el salario promedio del mercado conformado por los sectores 1 y 2, lo que impacta el salario de referencia. El salario que paga el sector 2 aumenta $w_2^* \cong 26,5$ (figura 3.16) para contrarrestar la caída en el esfuerzo de los trabajadores producto del cambio en el salario de referencia.

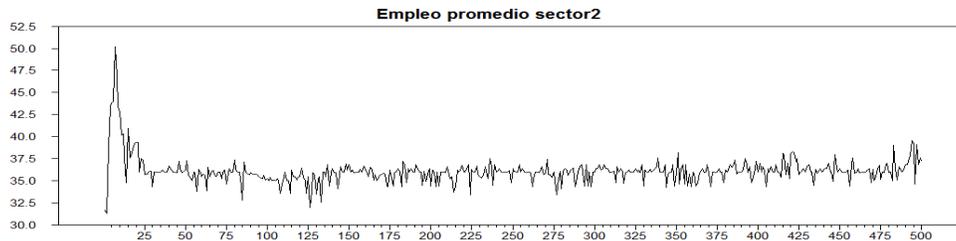
Figura 3.16. Salario promedio del sector 2



Fuente: elaboración propia.

El incremento en el salario promedio ofrecido por el sector 2 requiere que la productividad de las firmas sea más alta, por tanto, dado que la productividad marginal del trabajo es decreciente, se contratan menos trabajadores en el sector 2, así que la demanda de empleo cae a $L_2^* \cong 37$ (figura 3.17). El desempleo es de aproximadamente 23%.

Figura 3.17. Empleo promedio del sector 2



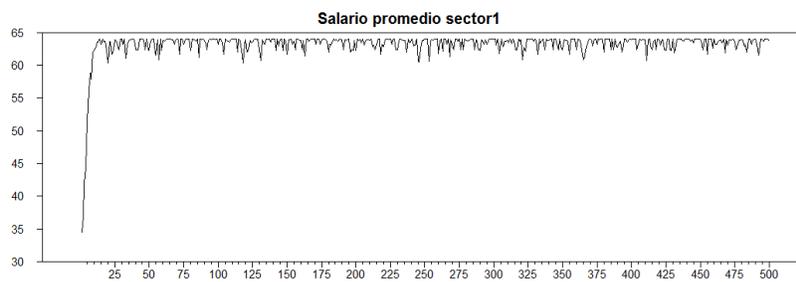
Fuente: elaboración propia.

¹⁵ Comparado con el de homogeneidad.

Heterogeneidad en la productividad y esfuerzo ($\sigma_{\beta}^2 = 0,6$ y $\sigma_{w_a}^2 = 0,2$)

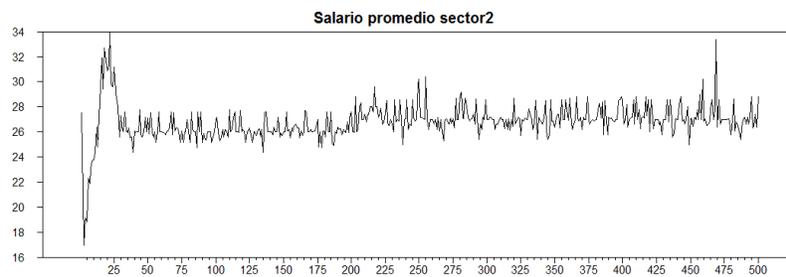
Cuando además de la variabilidad en la cualificación de los trabajadores, se agrega la variabilidad en la percepción de su salario de referencia, los salarios promedio ofrecidos por los sectores 1 y 2 son similares a los del caso anterior, $w_1^* \cong 64$ y $w_2^* \cong 27$ (figuras 3.18 y 3.19), así como las demandas de trabajo $L_1^* \cong 64$, y $L_2^* \cong 37$ (figuras 3.20 y 3.21); solo se observa una mayor variabilidad en demanda de trabajadores del sector 2 (figura 3.21).

Figura 3.18. Salario promedio del sector 1



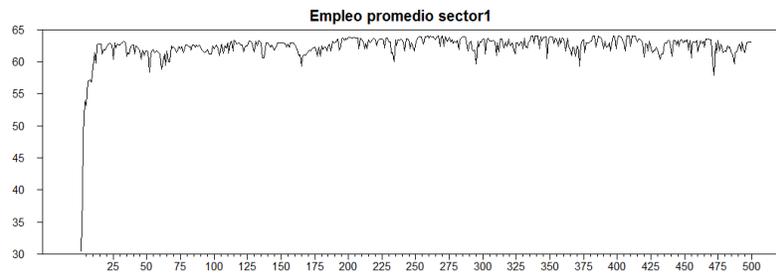
Fuente: elaboración propia.

Figura 3.19. Salario promedio del sector 2



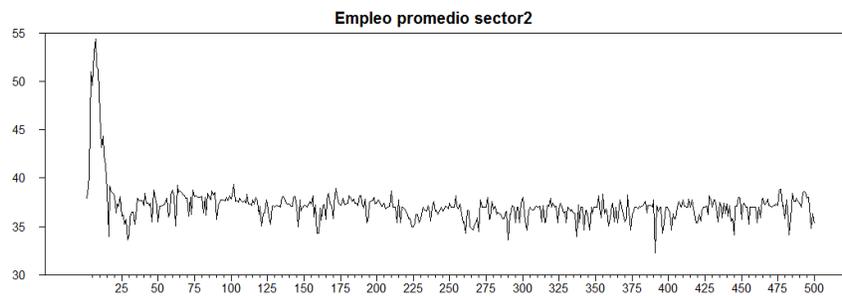
Fuente: elaboración propia.

Figura 3.20. Empleo promedio del sector 1



Fuente: elaboración propia.

Figura 3.21. Empleo promedio del sector 2



Fuente: elaboración propia.

El desempleo resultante es de aproximadamente 23%. En este caso, los salarios de referencia del sector 2 no siguen una estrategia de salario bajo, porque el salario de referencia es una ponderación de los salarios de los sectores 1 y 2, y con la estrategia de salario bajo, el esfuerzo de los trabajadores sería muy limitado.

6. Conclusiones

En este artículo se utilizaron los algoritmos genéticos para modelar el comportamiento de firmas y trabajadores heterogéneos en un mercado de trabajo artificial. Dicha estrategia de simulación se sustenta en ciertas condiciones como la racionalidad limitada y el manejo de información asimétrica por parte de las firmas, que hacen de la modelación tradicional ortodoxa, una aproximación inadecuada para el tratamiento de este problema. Cuando las firmas no observan directamente el grado de incumplimiento del trabajador o su función de esfuerzo, es preferible la adopción del supuesto de racionalidad limitada, y permitir que sean las interrelaciones entre los agentes y el aprendizaje inductivo representado por el algoritmo genético quienes gobiernen la dinámica del mercado laboral artificial.

Las simulaciones recrean distintas condiciones del mercado del trabajo, bajo diferentes supuestos sobre el comportamiento de los agentes del mercado (firmas y trabajadores), y con condiciones distintas: homogeneidad de firmas y trabajadores, comparado contra escenarios diferentes como homogeneidad de firmas-heterogeneidad de trabajadores y heterogeneidad de firmas y trabajadores. La modelación permitió identificar la dinámica de los salarios y el empleo cuando se toman en cuenta dichas heterogeneidades y el supuesto de racionalidad limitada.

Como punto de partida, se demostró que es posible replicar los resultados del análisis formal mediante el algoritmo genético, en el escenario de línea base (homogeneidad de firmas y trabajadores). Esto aporta confianza en la validez del instrumento de simulación.

En el submercado de trabajo de las firmas del sector más productivo de la economía, las empresas pagan un salario lo suficientemente alto, como para aprovechar completamente las habilidades de sus empleados, lo que ocurre cuando su esfuerzo es igual a uno. Con la introducción de la heterogeneidad de los trabajadores, a medida que aumenta la variabilidad de las habilidades, el salario ofrecido por las firmas aumenta (con respecto a la línea base de homogeneidad), así como su varianza, dando origen a ciclos. Estos ciclos se explican por el aprendizaje inductivo, que implica estrategias de salarios cada vez más altos para competir por los trabajadores más calificados. Eventualmente algunas firmas resultan perdedoras, al pagar salarios altos por trabajadores no tan capacitados, y la tendencia al alza de los salarios de revierte, proceso que es gobernado por el aprendizaje inductivo. Sin embargo, los salarios

nunca caen mucho, porque el salario debe satisfacer al trabajador de forma tal que se garantice su máximo esfuerzo.

En el submercado del trabajo del sector menos productivo de la economía, se encontraron dos sendas de salario opuestas, así que no existe un único equilibrio estable. El aprendizaje inductivo puede conducir a una estrategia de salario bajo (alto), y mayor (menor) demanda de trabajo (con respecto a la línea base de homogeneidad).

La estrategia de salario bajo es factible, dado que la caída en el esfuerzo del trabajador, provocada por la disminución paulatina de salarios, es compensada por el efecto positivo sobre el esfuerzo, originado por las reducciones en la tasa de desempleo y el salario de referencia. Así que se concluye que en el mercado de trabajo de mano de obra menos calificada, se podrían llegar a fijar salarios que estén por debajo del salario que equilibra el mercado.

También es posible que el aprendizaje inductivo gobierne una estrategia de salario alto, porque las firmas compiten por los trabajadores más calificados para maximizar sus beneficios. Sin embargo, dada la heterogeneidad de trabajadores, algunas firmas resultan perdedoras porque ofrecen salarios altos a trabajadores con bajo nivel de esfuerzo. Así puede surgir la estrategia de ofrecer salarios bajos, para evitar la existencia de estas firmas perdedoras. Como era de esperarse, entre más sensible sea el esfuerzo del trabajador a la tasa de desempleo, las empresas tendrán la oportunidad de pagar salarios más bajos.

Se puede concluir también, que la existencia del salario mínimo obliga a las empresas a competir por trabajadores calificados, mediante la oferta de salarios altos, porque la estrategia de salarios bajos no sería legal. En este caso, puede ser que el salario mínimo mejore la competitividad internacional, porque mejora la productividad.

Al simular un solo mercado de trabajo conjunto, cuando se introduce la variabilidad en la habilidad, la competencia por contratar a los mejores trabajadores en el sector 1 hace que el salario pagado por las firmas del sector aumente. El salario del sector 2 también aumenta, para compensar el aumento en el salario de referencia (salario promedio del mercado). Por eso la estrategia de salario bajo ya no es una alternativa. El desempleo es más alto, porque el incremento en el salario ofrecido por el sector 2 requiere que la productividad de las firmas sea más alta, por tanto, dado que la productividad marginal del trabajo es decreciente, se contratan menos trabajadores en el sector 2. Cuando se agregó la variabilidad en la percepción

del salario de referencia de los trabajadores, los salarios promedio ofrecidos por los sectores 1 y 2 resultaron muy similares a los del caso anterior, pero se observó mayor variabilidad.

En general, se puede concluir que la heterogeneidad en la calificación de los trabajadores, o en su percepción del salario de referencia, obliga a las firmas a competir por los trabajadores más calificados, o que se esfuerzan más *ceteris paribus*, ofreciendo salarios más altos, especialmente cuando la economía está sujeta al régimen de salario mínimo, o la percepción del salario de referencia es un promedio del mercado conjunto del trabajo. Este hecho impacta negativamente los beneficios de las firmas, beneficia a los trabajadores contratados, pero genera mayor desempleo.

Se deduce por tanto, que políticas de entrenamiento laboral o de homogeneización de la percepción del salario justo, como por ejemplo la política de publicación de una cifra de salario digno en Ecuador, puede tener efectos directos y positivos sobre el empleo.

Capítulo 4

Salarios, incentivos y producción intelectual docente en la universidad pública en Colombia. Un estudio con datos de los profesores de la universidad del valle

Resumen

En este artículo se estudian los determinantes de la productividad intelectual de los profesores de la universidad pública en Colombia, enfocándose en el efecto del incentivo salarial por productividad intelectual y el efecto salario. A partir de información del cuerpo de profesores de la Universidad del Valle comprendida entre los años 2004-2012, se estimaron modelos econométricos de ciclo de vida del profesor universitario para cuantificar dichos efectos. Se encontró un efecto importante y significativo del valor presente del punto salarial, pero no se halló efecto positivo del salario sobre la producción intelectual. También se calculó el efecto del incentivo en función de la edad del investigador y el impacto de incrementos porcentuales en el valor del punto salarial.

Palabras clave: producción intelectual, modelo de ciclo de vida, profesor universitario, modelo Tobit, incentivo.

JEL: C24, J24

1. Introducción

Tal como lo señalan Baccini et al (2014) y Obembe (2012) el estudio de la productividad científica y de los factores asociados a ella ha sido un tema que ha atraído la atención de los investigadores especialmente en los últimos treinta años.

Stephan(2010) expone tres razones por las cuales la economía de las ciencias ha venido ganando terreno en los últimos años. En primer lugar, la ciencia se ha identificado como una fuente de crecimiento, lo que se ha corroborado por los avances recientes en las tecnologías de la información, lo cual contribuyó de manera significativa al crecimiento en los sectores de servicios en los últimos años. Los avances en la investigación médica también han llevado a una gran expansión del trabajo y la esperanza de vida. La segunda razón tiene que ver con el tema de la apropiabilidad del conocimiento. Es decir una vez el conocimiento se produce y se hace público, no se puede excluir a los otros de su consumo. Por lo tanto el fracaso de las economías al tratar de producirla cantidad óptima de conocimiento considerándolo como un bien público es un tema importante para los economistas. Por último, el carácter público de la investigación y el spillover inherente en un sistema de estas características resulta fundamental para el concepto de la teoría del crecimiento endógeno (Archibugi y Coco, 2004).

Perozo et al (2008) argumenta que la Investigación se ha constituido en el proceso más contributivo al desarrollo de los países del mundo, lo que explica que las grandes potencias inviertan altos porcentajes de su Producto Interno Bruto (PIB) en la Investigación y Desarrollo, logrando con esto posicionarse en los grandes adelantos científicos y tecnológicos. Esta situación conlleva a afirmar que la investigación es reconocida a nivel mundial como un pilar fundamental en la consecución de nuevos conocimientos y tecnologías. Esta compleja actividad involucra empresas, instituciones, universidades nacionales y redes internacionales de colaboración para alcanzar mejores resultados.

Las exigencias actuales de la sociedad también obligan a que los profesores, desde diversas posiciones científicas, busquen soluciones concretas a los problemas que demanda el contexto educativo en el cual se desempeñan. Surge de allí la idea de que las universidades deben concebirse como centros de producción intelectual, tomando en cuenta que en el ámbito académico, la investigación es la que genera conocimiento. En la sociedad del conocimiento se hace indispensable la generación de nuevos saberes, y es el profesor universitario quién

está llamado a producir y a revisar los mismos. En efecto el resultado de las investigaciones ayuda a mejorar la praxis docente de forma permanente y por ende, la investigación representa, una actividad de primer orden en las universidades.

Ante estos cambios, las universidades colombianas tradicionalmente enfocadas en la docencia, cambiaron su visión y desarrollaron políticas pensando en la investigación como una de sus prioridades, especialmente las universidades públicas y las universidades privadas más reconocidas, ofreciendo incentivos a las publicaciones y buscando que a través de estas, los profesores generen conocimiento y lo divulguen en revistas indexadas nacionales e internacionales, libros de investigación, o participen en congresos y eventos académicos (Guzmán y Trujillo, 2011).

En dicha política de incentivos se pueden identificar básicamente dos estrategias. La primera son salarios de partida relativamente bajos que se incrementan en función de la producción intelectual. En la segunda se ofrecen salarios iniciales relativamente más altos y primas por producción intelectual durante un periodo limitado, generalmente un año.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la universidad pública en Colombia en la contratación de nuevos profesores, son las restricciones legales que afronta para fijar un salario de enganche que pueda atraer a los candidatos más talentosos del mercado¹⁶. No obstante, también la universidad pública también ofrece ventajas para que profesores con habilidad investigativa deseen incorporarse a la universidad pública: i no exige dedicación exclusiva, ii dependiendo de su antigüedad, experiencia y sobre todo publicaciones, un profesor de universidad pública puede llegar a ganar tanto o más que un profesor de universidad privada.

El problema es que una vez contratado el nuevo profesor, dado su bajo salario, podría optar por las otras actividades generadoras de ingreso, en perjuicio del tiempo dedicado a la investigación, lo que afectaría la producción intelectual que es uno de los objetivos de la dirección universitaria porque esto le da prestigio a la institución.

¹⁶En el año 2014 el salario promedio de enganche de un profesor con doctorado fue de apenas 3,8 millones de pesos en promedio.

Este artículo avanza en tratar de establecer, cuál de las dos alternativas es más costo efectiva como instrumento para el estímulo de la producción intelectual docente. En búsqueda de este objetivo, este artículo investiga los determinantes de la productividad intelectual de los profesores de la universidad pública en Colombia, enfocándose en el efecto del incentivo salarial por productividad intelectual y el efecto salario.

Para comprender la relación entre salario, incentivo salarial y producción intelectual, en el artículo se hace una adaptación en tiempo discreto del modelo de ciclo de vida de Levin y Stephan (1991). La innovación consiste en que el salario futuro del profesor investigador depende de las publicaciones durante todo su ciclo de vida, y no de su prestigio.

Posteriormente, a partir de información del cuerpo de profesores de la Universidad del Valle comprendida entre los años 2004-2012, se estimó econométricamente el modelo de ciclo de vida del profesor universitario para cuantificar los efectos del salario y el incentivo salarial sobre la producción intelectual.

El artículo está organizado de la siguiente forma: en la primera sección se presenta una revisión el estado del arte que da cuenta de los principales determinantes de la producción científica y se reseñan modelos teóricos de ciclo de vida que tratan de explicar la dinámica de la productividad del investigador a lo largo del tiempo. En la segunda sección se analiza desde la teoría del agente principal la relación contractual entre la Universidad pública y el profesor universitario, con énfasis en los incentivos para el estímulo de la producción intelectual. En la sección tres se desarrolla un modelo de ciclo de vida para los profesores de la universidad pública en Colombia, que desvela el impacto del salario y el incentivo salarial sobre su producción intelectual. En la sección cuatro se presentan los datos y sus estadísticas descriptivas, en la sección cinco se realiza la estimación econométrica del modelo de ciclo de vida, en la sección seis se analizan los resultados, para finalmente presentar las conclusiones.

2. Revisión literaria

Print y Hattie (1997) definen la producción científica como el conjunto de investigaciones desarrolladas por académicos en las universidades y contextos relacionados en un determinado periodo de tiempo. Para Piedra y Martínez (2007) la producción científica es

considerada como la parte materializada del conocimiento generado, por eso, muchos se refieren a ella como el resultado en forma de publicaciones de los trabajos de investigación, como por ejemplo artículos publicados en revistas internacionales, locales o nacionales, los libros y capítulos de libros, las ponencias en conferencias, los documentos de trabajo etc.

Otros sitúan a la producción científica en un ámbito más amplio que la simple publicación. Según dicho punto de vista, “las tesis defendidas y que aún no han sido publicadas, los trabajos presentados en congresos, coloquios y simposios, aulas, trabajos de laboratorios concluidos y no publicados, incluso trabajos de campo; todo eso es producción científica” (Piedra y Martínez, 2007).

Aun reconociendo que la productividad científica engloba la totalidad de la investigación producida por los científicos, su elemento medible es la cantidad de publicaciones que produce un autor, una institución o un país determinado. Manjarrés (2009) expone argumentos como la revisión por pares de Fielden y Gibbons (1991), las preferencias de los investigadores de Crane (1965) y Merton (1968), la homogenización de Paasi (2005), la percepción del prestigio de la revista de Miller y Serzan (1984), para concluir que el uso del número de artículos publicados por el profesor en revistas internacionales es la principal medida de la producción científica de la actualidad.

Al respecto, en Colombia profesores universitarios y editores de revistas se han manifestado en contra de esa forma de socialización del conocimiento impuesta desde estándares de la llamada ciencia de centro que conduce a una fuerte invisibilización de la producción académica colombiana y de sus publicaciones científicas.

Posterior a la discusión del concepto de productividad científica, se puede comenzar a explorar el estado del arte de las distintas formas de análisis la productividad científica. Baccini et al (2014) distingue dos aproximaciones alternativas: la primera se centra en las leyes fundamentales de la distribución de frecuencia del número de publicaciones (o citas), mientras que la segunda tiene como objetivo identificar los determinantes de la producción intelectual.

El mismo Baccini et al (2014) menciona que la primera aproximación tiene origen en el estudio pionero de Lotka (1926) sobre la distribución de la frecuencia del rendimiento

científico de químicos y físicos. Lotka concluye que el 60% de estos individuos realiza una sola contribución a lo largo de su vida, de forma tal que el número de autores con n contribuciones es $1/n^2$ de aquellos que hacen solo una.

Baccini et al (2013) también cita argumentos de otros investigadores que pretenden dar cuenta de las diferencias entre los investigadores:

El denominado *sacred-sparkhypothesis* propuesto por Allison y Stewart (1974) y David (1994) según el cual las diferencias en la productividad reflejan capacidades desiguales y predeterminadas de los investigadores.

La llamada *Matthew-effecthypothesis* desarrollada por Merton (1968) según el cual los investigadores de renombre tienen mayor facilidad para publicar sus trabajos que otros investigadores menos conocidos a pesar de que estos cuenten con contribuciones de calidad equivalente

Cole y Cole (1973) plantearon la *cumulative advantage hypothesis*. La idea es que el reconocimiento recibido en una etapa temprana de la carrera de los investigadores puede ser reforzado con el tiempo, ya que esto le permite más fácil acceso a los recursos para la investigación. Lo que significa que cualquier ventaja será acumulativa.

La segunda aproximación dirige su atención a la identificación de los determinantes individuales y colectivos de la productividad científica. Los primeros se refieren a los atributos individuales del investigador (género, edad, disciplina científica, etc.) y los segundos son factores relacionados con el entorno en el que se desenvuelve el docente y el sistema general de recompensa de la ciencia. Manjarrés (2009) distingue entre el entorno académico y el socioeconómico, en este último se considera el efecto de la financiación procedente de agentes industriales, y en general las relaciones universidad-empresa.

El objetivo de esta sección es revisar la literatura relacionada con los determinantes de la productividad intelectual, explorando los enfoques basados principalmente en el estudio de las características individuales y del entorno académico del docente, porque en Colombia las relaciones entre la universidad pública y las empresas es muy débil. Como manifiestan Gutiérrez y Berrio (2011), la realidad de la relación en Colombia es *cada quien en lo suyo*.

2.1. Factores individuales

La bibliografía sobre los determinantes de la productividad científica de los docentes universitarios incluye como variables explicativas características individuales de los académicos tales como la edad, el género, la posición dentro de la institución, y la disciplina científica. La relación entre la edad y la productividad científica es el aspecto que más ha llamado la atención de economistas y sociólogos, dando origen a los denominados modelos de ciclo de vida de los investigadores.

Aunque los resultados obtenidos han sido diversos, muchos estudios indican la existencia de una relación no lineal, en forma de U invertida, entre la edad y la productividad de los investigadores (Bayer y Dutton, 1977; Cole, 1979; Zuckerman y Merton, 1972; Weiss y Lillard, 1982; Levin y Stephan, 1991; González-Brambila y Veloso, 2007). También se ha señalado que el pico de productividad es heterogéneo, varía en función del campo disciplinar del docente (Levin y Stephan, 1989). Lehman (1958, 1960) encontró que los científicos de las ciencias duras alcanzan su pico de productividad más pronto que los que pertenecen a otras disciplinas. Otros han encontrado que la curva de productividad tiene dos picos (Bayer y Dutton, 1977). Por otra parte, Allison y Stewart (1974) encontraron correlación positiva entre la desigualdad en la productividad y los grupos de edad, de manera que a mayor edad, mayores diferencias entre los investigadores.

Los primeros estudios sobre factores determinantes de la productividad científica se basaron en datos de corte transversal, y pretendían explicar la productividad acumulada durante un periodo determinado de tiempo. Sin embargo, los resultados son cuestionados por la imposibilidad de distinguir entre el supuesto efecto de la edad y el que correspondería a la cohorte generacional. Posteriormente, la disponibilidad de datos longitudinales permite analizar la productividad de los investigadores de una misma cohorte con edades distintas, mientras envejecen, pudiendo así separar los dos efectos (Manjarrés, 2009).

Rauber y Ursprung (2008) a partir información de economistas académicos alemanes, encuentran diferencias entre las diferentes cohortes, en la relación entre la edad y la productividad intelectual. En los investigadores de mayor edad, la productividad se mantiene a lo largo de su vida, mientras que en los jóvenes se observa una forma de U invertida bastante pronunciada.

Analizando los determinantes de la productividad observada durante el periodo 1995-2000 de una muestra con 1.134 investigadores de la Universidad Louis Pasteur de Francia, Carayol y Matt (2006) encontraron a partir de una regresión Tobit, que la edad afecta negativamente a la productividad, pero rechazan la forma de U invertida.

Debido a la importancia que tiene el factor de la edad en la explicación de la productividad académica para esta investigación, se dedica esta sección para la revisión de los principales modelos económicos de ciclo de vida que ayudan a comprender dicha relación.

La experiencia profesional también se puede considerar como un factor que afecta la producción intelectual. Rebne (1990) y Goodwin y Sauer (1995), concluyen que el rendimiento máximo de un investigador ocurre dentro de los primeros 10 años de trabajo y tiende a disminuir después de 25 o 30 años de actividad académica.

También se ha indicado que la posición que ocupa el docente dentro de la institución puede llegar a ser un factor determinante para explicar la productividad científica. Knorr et al. (1979) halló que cuando se controla el efecto que ejerce la realización de labores administrativas, la edad deja de ser un factor significativo.

Muchos estudios han demostrado que la productividad intelectual tiende a aumentar dependiendo de la jerarquía del individuo en los puestos académicos. Manjarrés (2009) cita que Cole y Cole (1972), Long (1978) y Carayol and Matt (2006) encontraron que los profesores con mayor categoría dentro de la institución como por ejemplo docentes de tiempo completo, tienen una mayor productividad que los profesores de categorías inferiores (junior o asistente).

Un estudio de Aksnes et al. (2011) encontró que los profesores de tiempo completo son los más productivos. En promedio, los profesores varones publicaron 9,5 publicaciones durante un período de cuatro años, seguido por profesores asociados 4,8 publicaciones y los doctores 4,5 publicaciones, mientras que los estudiantes de doctorado tienen la productividad más baja (2,9 publicaciones). Respecto a esas diferencias, Kyvik (1991) encontró que los profesores por ser líderes de grupos de investigación aparecen en todas publicaciones, mientras que los estudiantes de doctorado solo aparecen en las de su autoría.

Se debe tener en cuenta que la incorporación de variables como el rango académico o la experiencia profesional puede generar problemas de multicolinealidad con la variable edad, minando su capacidad explicativa o alterando el sentido de su influencia (Carayol y Matt, 2006).

Otro atributo personal asociado con la productividad científica es el género. Muchos estudios han encontrado grandes diferencias de género en la productividad intelectual a favor de los hombres (Aksnes et al, 2011b; .Kyvik y Teigen, 1996; Cole y Zuckerman, 1984). Por ejemplo, Aksnes et al (2011b) encontró que para casi todos los grupos de edad, los hombres son más productivos que las mujeres. Los científicos de sexo femenino tienden a publicar generalmente entre 20-40 por ciento menos que sus colegas masculinos. Para explicar dicha diferencia, se han realizado investigaciones que incluyen la variable estado civil para tratar de explicar la productividad intelectual. La hipótesis es que las investigadoras casadas podrían ser menos productivas dadas sus responsabilidades domésticas. Sin embargo, la evidencia con respecto a este punto es ambigua (Reskin 1978; Astin y Bayer, 1979).

El campo de estudio es otro de los factores clásicos que pueden determinar la productividad científica. Dunder y Lewis (1998) hallaron diferencias significativas en el número promedio de artículos publicados por los académicos de universidades de Estados Unidos en función de la disciplina académica a la que pertenecen. Ellos encontraron que mientras que un docente representativo en el campo de las ciencias sociales publicó aproximadamente 2,5 artículos entre 1988 y 1991, sus colegas de biología publicaron 9 artículos durante el mismo periodo. Sin embargo, los autores señalaron que estos resultados reflejan más las diferencias generales en las pautas de publicación existentes entre diversas áreas, que auténticas diferencias en cuanto a los niveles de actividad investigativa por disciplina.

2.2. Factores Institucionales

Los factores institucionales también surgen como posibles determinantes de la producción científica. Estos factores están relacionados principalmente con la institución, la facultad o el departamento al que se encuentra vinculado el docente, o el grupo donde el científico desarrolla su trabajo investigativo. De acuerdo con Manjarrés, (2009, 62) “Las políticas y

objetivos institucionales son el marco de referencia que subyace en los procesos de evaluación del rendimiento científico y el fundamento de los sistemas de recompensa de la ciencia. En este sentido, los rasgos distintivos entre las políticas, objetivos o el énfasis de las misiones universitarias, pueden generar culturas organizativas diferentes, las cuales pueden incidir sobre la productividad científica del docente”.

Para medir la influencia de las características de la institución o el departamento sobre la productividad intelectual, Manjarrés (2009) cita a Kyvik (1995), Bonaccorsi y Dario (2003), Smeby y Try (2005) como autores que han incluido en sus modelos econométricos variables como el tamaño del departamento, Jordan et al. (1989) ha tomado en cuenta el carácter público o privado de la institución, Creswell (1986) y Long (1978) el prestigio del departamento o de la institución.

Se supone que las organizaciones más grandes pueden acumular más recursos para la investigación que aumentan la productividad. Estos efectos acumulativos pueden acompañarse además de economías de escala en la producción científica. Los resultados no son concluyentes, mientras algunos estudios encuentran una relación positiva (Dundar y Lewis, 1998), otros encuentran escasa relación (Cohen, 1994) o solo en algunas disciplinas como las ciencias naturales (Kyvik, 1995).

La relación entre la carga docente y la productividad no está claramente determinada, mientras que en algunos estudios aparece una relación negativa en términos del costo de oportunidad (Fox, 1992) en otros estudios esta resulta positiva (Dundar y Lewis, 1998; Kyvik y Smeby, 1994).

2.3 Técnicas de estimación y unidad de análisis

En la literatura se emplean diferentes métodos de estimación. Al tratarse la productividad de datos de recuento la mayoría de los estudios optan por métodos como el de poisson, el binomial negativo y, ante proporciones muy elevadas de ceros en la variable dependiente, el modelo Hurdle. También se utiliza el método MCO con la variable dependiente en logaritmos y el modelo Tobit.

La unidad de análisis más frecuente en el análisis de la productividad intelectual es la individual, pero también pueden identificarse estudios a nivel de grupo de investigación, departamento, facultades o incluso territorios (Smeby y Try, 2005; Bonaccorsi y Daraio, 2003; Dunder y Lewis, 1998).

Porter y Umbach (2001) demuestran que el efecto de la edad en un modelo que emplea técnicas multinivel difiere significativamente de los ofrecidos por un modelo de análisis a nivel individual. Smeby y Try (2005) encuentran que la edad de los investigadores tiene un efecto negativo sobre la productividad a nivel individual, pero encuentran que la edad media de los departamentos tiene efectos positivos en la productividad a nivel de grupo. El argumento que utilizan para defender sus resultados es que los investigadores de mayor edad asumen tareas de apoyo a la investigación, como organización de seminarios o motivación y supervisión de jóvenes investigadores que generan importantes externalidades. Además como la reputación está basada en las publicaciones realizadas y en los contactos profesionales, los investigadores de mayor edad tienen mayor capacidad para atraer financiación y colaboraciones prestigiosas, y a los jóvenes investigadores con mejores perspectivas.

3. Salarios e incentivos para la producción intelectual en la universidad pública en Colombia

El contrato es un conjunto de reglas que facilita la cooperación y el intercambio realizado por agentes económicos racionales, porque crea los incentivos necesarios para que los agentes realicen las transacciones. En cualquier interacción económica se pueden identificar dos partes: el principal y el agente. El principal es quien contrata al agente para realizar un trabajo. Los empleados (agente) se comprometen a usar sus habilidades para realizar las tareas que el empleador (principal) les ordene hacer, y el empleador se compromete a pagar a los empleados y a mantener un ambiente laboral favorable (Gorbaneff, 2003).

El modelo del agente principal permite abordar el análisis de las políticas de incentivos relacionados con la investigación en la universidad pública en Colombia. En el contrato laboral que pactan la universidad (principal) y los docentes de carrera (agentes), estos se comprometen a desarrollar actividades de investigación, docencia y extensión. El contrato

incluye una remuneración determinada, y especifica un nivel de esfuerzo que es explícito en la carga académica del docente, en términos de las horas que él se compromete a dedicar a la docencia, la investigación y la extensión. El principal no puede observar directamente las acciones del agente (tiempo efectivo dedicado a la investigación), así que el cumplimiento del docente se verifica mediante productos que el profesor entrega al final del periodo académico (Carvajalino & Ariza, 2008).

La universidad se beneficia cuando el profesor publica su producción intelectual, porque esto le da visualización y status. No obstante, no hay mecanismos de control efectivos que le permitan a la universidad influir directamente sobre el nivel de esfuerzo del profesor, en cuanto a la calidad de su producción intelectual o su esfuerzo por lograr la visualización de su trabajo. Esto genera la necesidad de un esquema de incentivos que logren que el profesor desarrolle el máximo esfuerzo en investigación, de forma tal que los resultados favorezcan a la universidad y al docente.

El Decreto 1279 de junio de 2002 es la norma que determina los ingresos salariales y estímulos académicos de la carrera profesoral. Por tanto, establece los incentivos a la producción intelectual de los profesores de la universidad pública en Colombia. De acuerdo a esta normatividad vigente, el salario de los profesores es el resultado de multiplicar el valor del punto salarial y la cantidad de puntos salariales acumulados que se le hayan reconocido al profesor.

El valor del punto es determinado cada año por el Gobierno nacional, y la cantidad de puntos depende de la valoración de los siguientes factores:

- a. La categoría dentro del escalafón docente.
- b. Títulos de estudios universitarios.
- c. La experiencia calificada.
- d. La productividad académica.
- e. Las actividades de dirección académico-administrativas.
- f. El desempeño destacado en labores de docencia y extensión.

Las categorías que define el Decreto 1279 para el escalafón docente son: profesor auxiliar, profesor asistente, profesor asociado y profesor titular. A medida que asciende en el escalafón

docente, el profesor va ganando puntos salariales. Un profesor titular alcanza el máximo de 96 puntos. Los docentes ascienden en el escalafón teniendo en cuenta las capacidades intelectuales, se le reconocen los méritos alcanzados por escolaridad, experiencia docente calificada y la producción intelectual en el campo profesional o del saber en el que se desempeña.

La determinación de la remuneración de los docentes universitarios también se basa en la formación, con esto se persigue estimular al docente a no estacionarse en un nivel educativo y pretende recompensar las inversiones que los docentes hacen en el capital humano, en el desarrollo intelectual. Por ejemplo, un profesor con maestría puede recibir 80 puntos salariales por obtener su título de doctorado y hasta 10 puntos adicionales por cada estudio de pos doctorado.

La valoración de la experiencia calificada del Decreto 1279 otorga más puntos cuando un candidato ha trabajado en instituciones de investigación ciencia, técnica, humanidades, pedagogía (37 puntos por año) que cuando ha sido profesor en una universidad (4 puntos por año).

La producción intelectual del profesor es valorada de dos formas diferentes, mediante puntos salariales y con el reconocimiento de bonificaciones.

La valoración de los puntos salariales es fijada por el artículo 10 del Decreto 1279. La publicación de artículos en revistas tipo A1=15 puntos, en revistas tipo A2=12 puntos, en revistas tipo B=8 puntos, en revistas tipo C=3 puntos, según el sistema de indexación de Colciencias. La producción de videos, cinematográficos o fonográficos de impacto internacional, 12 puntos, de impacto nacional, 8 puntos. La publicación de libros que resulten de una labor de investigación, hasta 20 puntos. La publicación de libros de texto hasta 15 puntos. La publicación de libros de ensayo, hasta 15 puntos por cada libro. Traducción de libros, hasta 15 puntos. Premios nacionales e internacionales, hasta 15 puntos. Patentes, hasta 25 puntos. Producción técnica, hasta 15 puntos por innovaciones, 8 puntos por adaptaciones. Producción de software, hasta 15 puntos.

Los puntos salariales por docencia destacada se otorgan teniendo en cuenta la evaluación del docente realizada por los estudiantes. El desempeño destacado en labores de extensión se hace

con base en un documento en el cual el docente sustente la presencia de la universidad ante la comunidad, la relevancia académica y social del servicio, su complejidad y singularidad y una evaluación de la actividad por parte de la comunidad o institución beneficiadas. Los puntajes salariales anuales que se asignan a los docentes destacados en docencia y extensión son: profesor titular (hasta 5 puntos), profesor asociado (hasta 4 puntos), profesor asistente (hasta 3 puntos), profesor auxiliar (hasta 2 puntos).

Queda claro que el Decreto 1279 contiene un sistema de incentivos para el fomento de la producción intelectual de los docentes de carrera de la universidad pública. Este sistema de incentivos premia con puntos salariales la producción intelectual que le da mayor visibilidad a la universidad. El monto del incentivo económico corresponde al valor presente neto del valor del punto salarial.

Guzmán y Trujillo (2011) concluyen que los incentivos para la investigación tienen efecto principalmente sobre los profesores jóvenes, recién vinculados con vocación media para la investigación, para los cuales el costo de su esfuerzo por investigar debe ser cubierto por el incentivo a la investigación, y así evitar que se incline únicamente por las actividades de docencia y reparta su esfuerzo entre ambas actividades, a un costo asumible para la sociedad.

Carvajalino y Ariza (2008) desarrollaron una encuesta a los docentes de la Universidad Industrial de Santander, para captar la percepción de los profesores sobre la eficacia de los incentivos para la investigación y su motivación en general.

La encuesta mostró que la mayoría de los docentes consideran que la motivación para pertenecer a un grupo de investigación se da por la posibilidad de desarrollo y reconocimiento académico personal (70.73 %). Otra motivación es ascender en el escalafón docente para el cual más de la mitad de los docentes encuestados le asignaron una alta valoración. Un 65.85 % de los docentes consideran que es de gran motivación resolver un puzzle. Por último, el 24.39 % de los docentes consideran que la principal motivación es conseguir aumentos salariales o bonificaciones. La encuesta dejó ver que el incentivo económico no es la razón principal para que el docente investigue. La posibilidad de desarrollo y reconocimiento personal, así como mejorar su escalafón docente son argumentos que apoyan la hipótesis de que profesor investiga porque esto mejora su estatus dentro de la universidad.

En la misma encuesta un 14.63 % de los docentes considera que la Universidad incentiva la investigación con aumentos salariales, un 19.51 % de los docentes supone que incentiva por medio de bonificaciones, un 9.76 % de los docentes cree que incentiva por medio de la distribución de la carga académica, un 26.83% de los docentes piensa que incentiva por medio de distinciones académicas, un 34.15 % de los docentes considera que incentiva por medio de comisiones de estudio.

La encuesta reveló que menos del 10 % de los profesores encuentra que la asignación de las horas de investigación de la carga académica es un incentivo para la investigación, es decir, que ese mecanismo de regulación directa para la investigación no funciona, de acuerdo con el mismo agente (profesor).

4. Modelo de ciclo de vida para los profesores de la universidad pública en Colombia.

Los modelos de ciclo de vida del investigador científico, son modelos de optimización intertemporal de la utilidad o el ingreso del investigador, que relacionan el tiempo dedicado a la investigación, y por tanto, sus resultados de investigación, con la edad. Como el stock de conocimiento del investigador que le da prestigio, depende del tiempo dedicado a la investigación, en estos modelos también se obtiene de forma derivada la relación entre dicho stock de conocimiento y la edad. Se pueden destacar entre otros el artículo pionero de Diamond (1984), y los aportes de Levin y Stephan (1991) y Rauber y Ursprung (2005). En términos generales, los modelos de ciclo de vida citados revelan por qué variables como el retorno marginal de los productos de investigación, la utilidad marginal de resolver un puzzle científico, las tasas de aprendizaje y de depreciación del conocimiento, afectan la producción intelectual del investigador y por qué declina esta con la edad.

En esta sección se formula un modelo de ciclo de vida para los profesores de la universidad pública en Colombia, asumiendo que estos pueden distribuir su tiempo entre la docencia en la universidad pública, que es de carácter obligatorio, la investigación, y otra actividad alternativa, como por ejemplo la cátedra en la universidad privada o la consultoría, con lo cual se incorpora el costo de oportunidad del tiempo dedicado a la investigación. El modelo es una adaptación en tiempo discreto del modelo de Levin y Stephan (1991). La modificación tiene que ver con el hecho de que la recompensa futura no depende del prestigio del investigador,

sino que su expectativa de salario futuro depende de la productividad intelectual acumulada durante todo su ciclo vida académico.

Como en Levin y Stephan (1991), se asume que la función de utilidad de los profesores de la universidad pública en Colombia tiene como argumentos el status del profesor en la comunidad universitaria $Status_t$ y los bienes de consumo X_t .

$$U_t = \ln Status_t^{\theta_1} + \ln X_t^{\theta_2} \quad (1)$$

La variable $Status_t$ se calcula como una suma descontada de las publicaciones¹⁷ presentes y pasadas:

$$Status_t = \sum_{s=0}^{t-1} \rho_{st}^s * P_{t-s} \quad (2)$$

El profesor maximiza el valor presente de su utilidad durante un periodo de tiempo T:

$$V = \sum_{t=1}^T \rho^t * \ln status_t^{\theta_1} + \ln X_t^{\theta_2} \quad (3)$$

Sujeto a:

$$\Delta k_t = \alpha P_{t-1} + \delta k_{t-1} \quad (4)$$

$$\Delta A_t = r A_{t-1} - p X_t + W_t + (1 - s_t) O W \quad (5)$$

$$W_t = W_0 + VPS * \sum_{s=1}^{t-1} P_s \quad (6)$$

Donde ρ y ρ_{st} son parámetros de preferencia temporal de la función de utilidad y el status del profesor y r es la tasa de interés. La ecuación (4) corresponde a la dinámica del stock de conocimiento K_t , que se actualiza en función de las publicaciones del periodo anterior P_{t-1} y considerando una cierta tasa de depreciación del conocimiento δ . La ecuación (5) describe la dinámica de los activos A_t , donde p es el precio de X . La variable s_t es la proporción de tiempo invertido en investigación, y $(1 - s_t)$ la fracción de dedicada a trabajar en otra

¹⁷ En la simulación se asume que cada publicación corresponde a un punto salarial, en la realidad cada publicación es valorada según el artículo 10 del Decreto 1279.

universidad o en consultoría, por la que recibe un pago OW , que se asume exógeno a la productividad investigativa del docente. El término W_t es el salario del periodo, que es función de la producción intelectual acumulada hasta el periodo anterior. La variable VPS es el valor del punto salarial.

La función de producción de investigación se especifica como:

$$P_t = (s_t K_t)^\beta \quad (7)$$

Las variables de elección son s_t y X_t . Se asumen $A_T = 0$ y k_T libre. La tabla 1 contiene los parámetros iniciales para la simulación del modelo. En la tabla 1, la relación entre los valores de los parámetros de la función de utilidad es $\theta_2 > \theta_1$, para darle mayor peso al consumo de bienes que al status del docente en la universidad, y sea posible que el profesor dedique tiempo a otras actividades generadoras de ingreso. El parámetro $\beta < 1$ para que la función de producción de investigación presente rendimientos marginales decrecientes en el stock de conocimiento K . Los valores de las tasas de descuento, de actualización del conocimiento y del valor del punto salarial, fueron asignados para que la simulación tuviera sentido, esto implica que la relación entre el salario inicial y el salario final sea conforme a la realidad, y que el profesor dedique alguna fracción de su tiempo disponible a otras actividades generadoras de ingreso. La simulación comprende 35 años, para un intervalo de edades del profesor representativo de los 31 a 65 años.

Tabla 4.1. **Valores de los parámetros para la simulación del modelo en la línea base**

Parámetros	Valor
Función de Utilidad	
θ_1	0,2
θ_2	0,8
Función de Producción	
β	0,8
Actualización conocimiento	
α	0,2
δ	0,1

Tasas descuento	
ρ	0,04
ρ_{st}	0,5
r	0,1
Otros	
W_0	3000
OW	10000
VPS	100
K_0	2

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.2 muestra la primera simulación del modelo. Se observa que hasta la edad de 51 años, el profesor representativo del modelo dedica cada vez más una fracción (s) de su tiempo a la investigación, y menos a otras actividades que generan ingreso, como dar clases en otra universidad. Sin embargo, con el paso de los años, el valor presente del incentivo por publicar cae, lo que hace que ahora el profesor decida hacia el final de su carrera, comenzar a dedicar más proporción de su tiempo ($1 - s$) a otras actividades. La producción total del investigador durante su ciclo de vida es de $\sum_{vida} P_t = 87,6$ puntos, la fracción de tiempo promedio dedicado a la investigación es $s_1 = 0,591$ y el salario promedio final es $W_f = 11.617$, menos de cuatro veces el salario inicial.

Tabla 4.2. Simulación del modelo - línea base

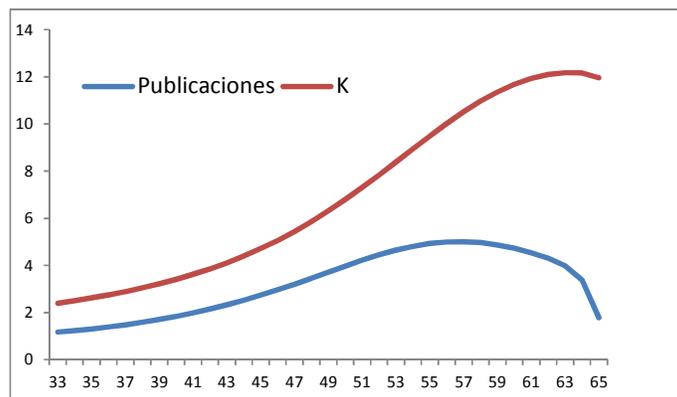
Edad	Status	X	Utilidad	ρ^t	U^d	s	A	K	P	W	OW
31	1,46	6,22	2,44	1,00	2,444	0,80	0,0	2	1,46	3000,0	1978,7
32	1,85	6,54	2,56	0,96	2,464	0,51	2781,9	2,238	1,12	3146,0	4871,4
33	2,03	6,88	2,62	0,92	2,427	0,48	5993,4	2,349	1,10	3257,6	5183,2
34	2,16	7,24	2,68	0,89	2,379	0,48	9330,8	2,445	1,14	3368,0	5165,0
35	2,28	7,62	2,72	0,85	2,329	0,49	12716,2	2,544	1,20	3482,3	5068,1
36	2,40	8,02	2,77	0,82	2,279	0,51	16109,2	2,649	1,26	3602,2	4937,0
37	2,54	8,44	2,82	0,79	2,228	0,52	19483,4	2,764	1,34	3728,7	4789,7
38	2,69	8,89	2,87	0,76	2,178	0,54	22819,7	2,889	1,42	3862,6	4636,2
39	2,85	9,36	2,91	0,73	2,129	0,55	26095,6	3,026	1,51	4004,5	4475,4
40	3,03	9,85	2,96	0,70	2,079	0,57	29283,5	3,176	1,61	4155,4	4304,8
41	3,23	10,37	3,01	0,68	2,031	0,59	32356,1	3,340	1,71	4316,0	4127,6
42	3,45	10,92	3,05	0,65	1,983	0,61	35287,9	3,520	1,83	4487,4	3948,7

43	3,68	11,51	3,10	0,62	1,935	0,62	38054,0	3,718	1,96	4670,6	3771,2
44	3,93	12,12	3,14	0,60	1,887	0,64	40627,8	3,933	2,09	4866,3	3596,6
45	4,21	12,76	3,19	0,58	1,841	0,66	42982,1	4,168	2,24	5075,7	3427,4
46	4,50	13,45	3,23	0,56	1,795	0,67	45091,1	4,423	2,39	5299,6	3268,2
47	4,80	14,17	3,28	0,53	1,749	0,69	46931,3	4,699	2,56	5539,0	3124,5
48	5,12	14,92	3,32	0,51	1,704	0,70	48481,5	4,996	2,72	5794,6	3002,1
49	5,45	15,73	3,36	0,49	1,659	0,71	49722,0	5,313	2,89	6066,7	2905,8
50	5,78	16,57	3,40	0,47	1,615	0,72	50634,0	5,648	3,06	6355,8	2839,9
51	6,11	17,46	3,44	0,46	1,572	0,72	51198,9	6,001	3,22	6661,6	2808,7
52	6,43	18,40	3,48	0,44	1,529	0,72	51397,9	6,367	3,37	6983,7	2816,6
53	6,73	19,39	3,52	0,42	1,487	0,71	51211,3	6,743	3,51	7321,2	2867,5
54	6,99	20,44	3,56	0,41	1,445	0,70	50616,0	7,123	3,63	7672,5	2963,8
55	7,22	21,55	3,60	0,39	1,404	0,69	49582,9	7,500	3,72	8035,6	3106,1
56	7,39	22,71	3,64	0,38	1,364	0,67	48072,1	7,866	3,78	8407,8	3292,0
57	7,51	23,94	3,67	0,36	1,324	0,65	46029,8	8,215	3,81	8786,1	3517,0
58	7,56	25,24	3,71	0,35	1,285	0,62	43383,6	8,537	3,81	9167,3	3774,1
59	7,55	26,61	3,74	0,33	1,247	0,59	40038,9	8,825	3,77	9547,8	4055,0
60	7,47	28,05	3,77	0,32	1,209	0,56	35876,2	9,072	3,70	9924,4	4350,7
61	7,33	29,58	3,80	0,31	1,172	0,53	30750,8	9,274	3,60	10294,0	4654,3
62	7,14	31,19	3,83	0,30	1,136	0,50	24505,3	9,426	3,47	10653,9	4974,1
63	6,84	32,88	3,86	0,29	1,100	0,46	17037,6	9,525	3,27	11001,0	5387,6
64	6,20	34,67	3,88	0,27	1,064	0,38	8563,2	9,552	2,79	11327,8	6233,3
65	4,60	36,59	3,87	0,26	1,021	0,18	0,0	9,433	1,50	11606,3	8244,2

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.1 muestra las dinámicas del stock de conocimiento y el número de publicaciones durante el ciclo de vida del profesor investigador. Se observa que a pesar de que el profesor acumula conocimiento durante casi toda su vida como docente universitario, su producción académica declina desde los cincuenta y ocho años, esto debido a que como se observa en la trayectoria s_1 de la figura 4.2, la fracción de tiempo dedicada a la investigación cae a partir de los 51 años, como consecuencia de la reducción en el valor presente del incentivo a la investigación. También se puede notar que la relación entre la edad del profesor y sus publicaciones es convexa en los primeros años y después se convierte en cóncava.

Figura 4.1. **Dinámicas del stock de conocimiento y de las publicaciones**



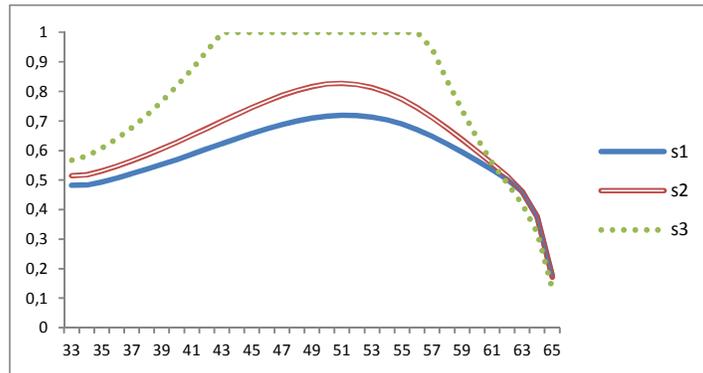
Fuente: Elaboración propia

Si el salario de enganche aumenta a $W_0 = 4000$, la producción total del investigador durante su ciclo de vida aumenta a $\sum_{vida} P_t = 108,9$ puntos, debido a que aumenta la fracción de tiempo promedio dedicado a la investigación, que ahora toma el valor de $s_2 = 0,653$. El salario promedio final es de $W_f = 14.720,5$. Es decir, este cambio exógeno en el salario permite observar el efecto directo del salario sobre la producción intelectual.

Si sumado al incremento en el salario inicial, también aumenta el valor del punto salarial, y VPS pasa de 100 a 110, la producción total del investigador durante su ciclo de vida aumenta a $\sum_{vida} P_t = 173,05$ puntos, que resulta del aumento en la fracción de tiempo promedio dedicado a la investigación $s_3 = 0,792$. Se concluye entonces que el salario y el valor del punto salarial tienen efecto positivo sobre la productividad intelectual del profesor representativo del modelo.

La figura 4.2 muestra las gráficas de las fracciones de tiempo dedicadas en la investigación en la línea base, y cuando se presentan los cambios exógenos en el salario y el valor del punto salarial. Se observa que al aumentar el salario y el valor del punto salarial exógenamente, la fracción de tiempo dedicada a la investigación es más alta para cada año. En los dos primeros casos, el pico más alto de la fracción de tiempo dedicado a la investigación se alcanza a los 51 años. Cuando se aumenta el valor del punto salarial el profesor dedica todo su tiempo disponible para la investigación hasta los 55 años.

Figura 4.2. Fracción de tiempo dedicada a la investigación en cada simulación



Fuente: Elaboración propia

5. Datos

Esta sección tiene como propósito realizar una rápida descripción de la información disponible para la estimación del modelo econométrico de la productividad intelectual de los profesores universitarios. Los datos corresponden a información del cuerpo de profesores de la Universidad del Valle, para el periodo comprendido entre los años 2004-2012. La información comprende: fecha de ingreso a la universidad (año de contratación), edad, salario, facultad a la que pertenece, nivel académico, categoría, pertenencia a un grupo de investigación, puntos por producción intelectual, puntaje por docencia destacada y puntos por dirección académico administrativa de los profesores nombrados de la Universidad del Valle, sometidos al decreto 1279 por el cual se establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las Universidades Estatales en Colombia.

La tabla 4.3 muestra el promedio por facultad de los puntos por productividad académica resultado de la actualización salarial anual y su desviación estándar. El promedio más alto corresponde a los profesores de la facultad de ciencias, y el promedio más bajo es el de los profesores de la facultad de psicología.

Tabla 4.3. **Promedio anual de los puntos por productividad académica por facultad**

Facultad	Obs.	Prom. Anual	Desv. Est.
<i>Artes</i>	806	3,09	9,31
<i>Administración</i>	302	4,23	13,04
<i>Ingeniería</i>	1053	6,64	16,24
<i>Socio economía</i>	176	5,65	12,29
<i>Ciencias</i>	753	10,18	21,85
<i>Psicología</i>	145	2,91	8,63
<i>Salud</i>	1158	3,44	11,22
<i>Humanidades</i>	781	3,88	8,54

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.4 presenta el promedio de los puntos por productividad académica por nivel académico y su desviación estándar. Los profesores con doctorado presentan la productividad más alta, seguida por la productividad de los profesores con maestría como era de esperarse, siendo la de los primeros más de dos veces y medio más alta que la de los segundos. Los profesores con especialización no parecen tener ventaja investigativa sobre los profesores con pregrado, porque su productividad es inferior.

Tabla 4.4. **Promedio anual de los puntos por productividad académica por nivel académico**

Nivel académico	Obs.	Prom. Anual	Desv. Est.
<i>Pregrado</i>	650	2,89	9,60
<i>Especialización</i>	925	1,98	6,86
<i>Maestría</i>	2101	3,81	10,27
<i>Doctorado</i>	1498	10,10	20,83

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.5 presenta el promedio de los puntos por productividad académica según la categoría del profesor y su desviación estándar. Se observa que el promedio de puntos por productividad académica de los profesores, aumenta con el grado académico alcanzado.

Tabla 4.5. Promedio anual de los puntos por productividad intelectual según categoría

Categoría	Obs.	Prom. Anual	Desv. Est.
<i>Auxiliar</i>	921	2,20	5,85
<i>Asistente</i>	1629	4,21	12,00
<i>Asociado</i>	909	5,65	13,09
<i>Titular</i>	1715	7,49	18,50

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.6 exhibe las estadísticas descriptivas del promedio durante los años 2004-2011 de la edad de los profesores, el salario real a precios del año 2007 y los puntos acumulados por docencia destacada y productividad académica.

Tabla 4.6. Estadísticas descriptivas de las variables continuas

Variable	Obs.	Prom. Anual	Desv. Est.	Min.	Max.
<i>Edad</i>	6059	48,7	8,6	25	84
<i>Salario real</i>	6059	3'526.821	1'763.153	824.942	15'100.000
<i>Puntos por docencia destacada</i>	6059	7,9	8,7	0,0	50,0
<i>Puntos por productividad intelectual</i>	6059	91,5	135,9	0,0	1350,9

Fuente: Elaboración propia

6. Estimación del modelo econométrico y análisis de los resultados

La especificación de la del modelo econométrico para la producción intelectual docente es la siguiente:

$$P_{it} = \beta_0 + \gamma * incentivo_t + \delta_1 salario_{i,t-1} + \delta_2 salario_{i,t-1}^2 + \sum_{j=1}^k \beta_j * X_{itj} + a_i + u_{it} \quad (8)$$

Dónde:

P_{it} : Puntos por producción intelectual del profesor i en el periodo t .

$incentivo_t$: Equivale al valor presente neto de las ganancias esperadas de cada punto de productividad intelectual en el periodo t .

$salario_{i,t-1}$: Salario real del deldocente i en el periodo $t - 1$, periodo en el cual el profesor inicia la investigación que conduce a la publicación en el periodo siguiente.

El vector X contiene información sobre otras variables que pueden incidir en la productividad intelectual como máximo grado académico del profesor, área de la ciencia a la que pertenece (Facultad o instituto), pertenencia a un grupo de investigación, antigüedad, puntos por producción intelectual, categoría etc.

La expresión para el cálculo de la variable $incentivo_t$ es la siguiente:

$$incentivo_t = VPS * NPA * \frac{|1 - (1 + \delta)^{-(edad\ de\ jubilación - edad\ actual_{it})}|}{\delta} \quad (9)$$

En (9) el término VPS corresponde al valor del punto salarial, NPA es el número de pagos al año que recibe el profesor, y δ es la tasa de descuento que se establece exógenamente. Los valores asignados son: $VPS = 10.745$ y $NPA = 15$

La especificación del modelo (8) propone una relación entre salarios reales y productividad intelectual que tiene forma de U invertida y sigue a Tang (2010). La razón que expone el autor es la siguiente: en principio, el aumento inicial de los salarios a los empleados logra que estos sean más productivos, porque el aumento de los salarios hace el ocio más caro. No obstante, el incremento adicional de los salarios disminuirá la productividad, porque los empleados se hacen más ricos y pueden permitirse más tiempo libre.

Para tener una primera aproximación de los factores que determinan la publicación de los profesores, se estima un modelo logit donde la variable dependiente es la variable binaria *publicacion*. La variable toma el valor de uno si el profesor realizó actualización salarial en el periodo¹⁸, por lo cual recibió puntos por productividad intelectual, y cero en el otro caso contrario.

La estimación del modelo logit aparece en la tabla 4.7. La edad, el salario, los puntos por productividad intelectual y docencia destacada están rezagados para tener en cuenta el momento en el que se tomó la decisión de investigar para realizar la publicación del artículo o libro de interés. Las variables de categoría del profesor, el salario real rezagado en niveles, y las variables binarias de las facultades no resultan significativas, excepto las variables binarias de humanidades y psicología.

Tabla 4.7. **Modelo logit de efectos aleatorios para establecer los determinantes de la publicación**

Variable dependiente (binaria):	<i>publicacion</i>			
Observaciones:	2509			
Número de grupos:	771			
Regresor	Coefficiente	Error estándar	<i>z</i>	<i>P > z</i>
	<i>Categoría del profesor</i>			
<i>asistente</i>	0.1492	0.1888	0.79	0.430
<i>asociado</i>	0,4376	0.2570	1.70	0.089

¹⁸ Cada periodo corresponde a dos años, asumiendo ciclos de investigación-publicación cada par de años

<i>titular</i>	-0.0582	0.3229	-0.18	0.857
<i>Nivel académico</i>				
<i>especializacion</i>	0.4956	0.2340	2.12	0.034
<i>maestria</i>	0.6836	0.2122	3.24	0.001
<i>doctorado</i>	1.3992	0.2467	5.67	0.000
<i>Facultad</i>				
<i>humanidades</i>	0.7764	0.2162	3.59	0.000
<i>psicologia</i>	-0.7529	0.4008	-1.88	0.060
<i>artes</i>	-0.0140	0.2114	-0.07	0.947
<i>socioeconomia</i>	0.2115	0.3480	0.61	0.543
<i>administracion</i>	-0.1143	0.2930	-0.39	0.696
<i>ingenieria</i>	0.3244	0.2113	1.53	0.125
<i>ciencias</i>	0.0287	0.2476	0.12	0.908
<i>Otros Factores</i>				
<i>∈ grupo de investigación</i>	0.8850	0.1417	6.24	0.000
<i>edad_{t-1}</i>	-0.050	0.0095	-5.27	0.000
<i>salario_{t-1}</i>	-5.07e-09	1.67e-07	-0.03	0.976
<i>salario_{t-1}²</i>	-6.63e-14	1.82e-14	-3.64	0.000
<i>puntos_produccion_intelectual_{t-1}</i>	0.0126	0.0016	7.85	0.000
<i>puntos_docencia_destacada_{t-1}</i>	0.0216	0.0088	2.45	0.014
<i>Binarias de año</i>				
<i>año_2008</i>	0.3023	0.1503	2.01	0.044
<i>año_2010</i>	0.2590	0.1562	1.66	0.097
<i>año_2012</i>	0.5817	0.1710	3.40	0.001

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.8 presenta en las columnas (II) y (III) la estimación de los modelos de ciclo de vida y producción intelectual, mediante la estimación tobit de efectos aleatorios. La única diferencia entre los modelos de ciclo de vida y de producción intelectual, es que el primero utiliza la edad como regresor, y en el segundo la variable explicativa de interés es el incentivo por producción intelectual.

Por otra parte, puede existir sesgo en los estimadores del modelo tobit de efectos aleatorios si la heterogeneidad individual no observada, tiene la forma de efectos fijos correlacionados con las variables explicativas. Para superar este problema, Levin y Stephan (1991) estiman un modelo tobit que incluye binarias por individuo, Goodwin y Sauer (1995) y Rauber y

Ursprung (2005) incorporan una variable categórica resultado de ranquear a los investigadores en quintiles a partir de la producción promedio de su ciclo de vida. Siguiendo una estrategia semejante, Vella y Verbeck (1997) utilizan los residuales de una regresión preliminar para ranquear a los investigadores en función de su habilidad investigativa no capturada por la parte determinística del modelo. En las columnas (IV) y (V) aparecen las estimaciones de los modelos de ciclo de vida y de producción intelectual utilizando la metodología de Vella y Verbeck (1997) para capturar la heterogeneidad individual fija.

Las tasas de descuento utilizadas en los modelos de producción intelectual fueron: en el modelo tobit de efectos aleatorios $\delta = 0,0$ (no hay tasa de descuento) y $\delta = 0,019$ para el modelo tobit que sigue la metodología de Vella y Verbeck (1997). Las tasas fueron escogidas porque maximizaban la función de verosimilitud.

El efecto de la edad es negativo, porque a medida que el profesor envejece, la ganancia esperada de las publicaciones cae. Si bien con el paso de los años el profesor investigador mejora su stock de conocimiento, y por tanto sus habilidades para publicar, este efecto positivo es captado por las variables *puntos por producción intelectual* y *puntos por docencia destacada*, ambas rezagadas un periodo. La inclusión de estas variables lleva a que no se requiera la forma cuadrática para la variable *edad*.

La idea al incluir las variables *puntos por producción intelectual* y *puntos por docencia destacada* es que el efecto del *incentivo* no incluya la capacidad investigativa del profesor que está asociada con la edad. Si no se incluyeran como regresores estas variables, se subestimaría el efecto del incentivo.

Se debe destacar también que a pesar de la incorporación de la producción media del profesor durante su ciclo de vida (*residual*) como variable explicativa en el modelo tobit, la variable *puntos por producción intelectual* sigue siendo significativa, lo que podría interpretarse como evidencia de que los aportes de estas dos variables al modelo son independientes. La variable *residual* también es significativa.

La variable salario real rezagada en niveles no es significativa en ninguna estimación, y la misma variable elevada al cuadrado resultó significativa (solo en la estimación tobit de

efectos aleatorios) y su efecto negativo, porque a niveles de salarios muy altos el profesor prefiere el ocio al ingreso o al status en la universidad.

Las variables binarias de periodo se incluyen para capturar el efecto de cohorte siguiendo la recomendación de Rauber y Ursprung (2005). Las dummy de tiempo revelan el rápido crecimiento de la producción intelectual de los profesores de la Universidad del Valle, no asociada con las características individuales observadas.

En la tabla 4.9 aparecen los efectos marginales estimados a partir de los modelos tobit para los puntos por producción intelectual de los profesores de la Universidad del Valle. Como era de esperarse, a medida que aumenta el nivel académico del profesor, mejora su producción intelectual. Las estimaciones muestran que un profesor con doctorado tiene aproximadamente 3.01 (2.86) puntos más de producción intelectual que un profesor con maestría de acuerdo con la estimación tobit de efectos aleatorios (tobit de Vella y Verbeek).

Pertenecer a un grupo de investigación tiene efecto positivo de más de 2 puntos de producción intelectual al año.

Los profesores de la facultad de humanidades presentan *ceteris paribus* la mayor producción intelectual. Están más de un punto por encima del promedio de la universidad y producen tres puntos más en promedio que los profesores de la facultad de sicología que tienen la productividad intelectual más baja según la estimación tobit de efectos aleatorios. Sin embargo según la estimación tobit de Vella y Verbeek la producción intelectual promedio más baja *ceteris paribus* la tienen los profesores de la facultad de ciencias, que estarían dos puntos por debajo de la productividad de los profesores de la facultad de humanidades.

Tabla 4.8. Estimación de modelos de ciclo de vida y de producción intelectual

Variable dependiente:	<i>Puntos por producción intelectual</i>			
Número de observaciones:	2509			
Observaciones censuradas:	1494			
Regresor	<i>Estimación Tobit de efectos aleatorios</i>		<i>Estimación Tobit – metodología de Vella y Verbeck (1997)</i>	
	Modelo de ciclo de vida	Producción intelectual	Modelo de ciclo de vida	Producción intelectual

	(II)	(III)	(IV)	(V)
<i>Nivel académico</i>				
<i>especialización</i>	3.1452 0.077	3.1230 0.088	3.0889 0.049	3.0739 0.050
<i>maestría</i>	6.1391 0.000	6.1207 0.000	4.9007 0.000	4.9032 0.000
<i>doctorado</i>	12.6735 0.000	12.6659 0.000	10.9312 0.000	10.9147 0.000
<i>Facultad</i>				
<i>humanidades</i>	3.261 0.011	3.2567 0.012	2.7849 0.006	2.7754 0.007
<i>ciencias</i>	- 0.000	- 0.000	-2.5572 0.027	-2.5540 0.027
<i>psicología</i>	-5.6811 0.060	-5.6844 0.060	- 0.000	- 0.000
<i>Otros Factores</i>				
<i>pertenece a grupo de investigación</i>	6.1416 0.000	6.1376 0.000	5.8459 0.000	5.8402 0.000
<i>Edad</i>	-0.5108 0.000	- 0.000	-0.5333 0.000	- 0.000
<i>Incentivo_t</i>	- 0.000	3.16e-6 0.000	- 0.000	3.44e-6 0.000
<i>Salario_{t-1}²</i>	-6.03e-13 0.000	-6.04e-13 0.000	- 0.000	- 0.000
<i>puntos_produccion_intelectual_{t-1}</i>	0.1285 0.000	0.1286 0.000	0.0576 0.000	0.0576 0.000
<i>puntos_docencia_destacada_{t-1}</i>	0.1475 0.019	0.1475 0.020	0.0962 0.071	0.0959 0.072
<i>Residual</i>	- 0.000	- 0.000	1.1096 0.000	1.1096 0.000
<i>Binarias de año</i>				
<i>año_2008</i>	2.9069 0.013	2.9276 0.014	2.0193 0.072	2.0251 0.071
<i>año_2010</i>	3.9471 0.001	3.9617 0.001	3.3067 0.004	3.3147 0.003
<i>año_2012</i>	8.1645 0.000	8.1932 0.000	6.3004 0.000	6.3135 0.000
<i>Pseudo R²</i>			0.0998	0.0998
<i>Log. función de verosimilitud</i>	-4993.777	-4993.777	-4879.9469	-4879.9417
<i>Prueba de significancia conjunta</i>	<i>LR</i> <i>p_valor</i>		1081.92	1081.93
			0.000	0.000
<i>Prueba de especificación</i> <i>H₀: normalidad, homocedasti</i>	<i>LM*</i> <i>valor crít. 5%</i>		3.9236	3.9221
			4.6188	4.7162

*Calculado con el comando bctobit de stata **Fuente:** Elaboración propia

Tabla 4.9. Efectos marginales en los modelos de producción intelectual

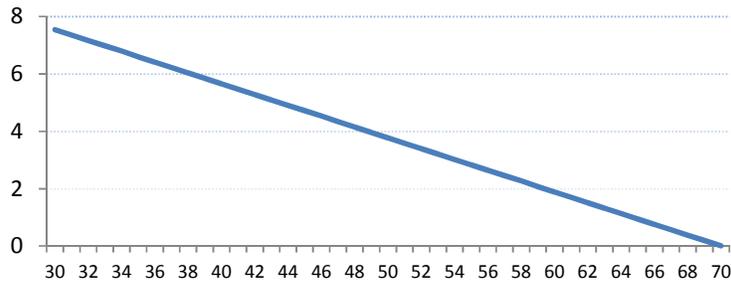
Var. Explicativa	Estimación Tobit de efectos aleatorios	Estimación Tobit Vella y Verbeek
<i>especialización</i>	1.22	1.24
<i>maestría</i>	2.33	1.92
<i>doctorado</i>	5.42	4.78
<i>pertenece a grupo de investigación</i>	2.10	2.06
<i>Incentivo_t</i>	1.17e-6	1.31e-6
<i>Salario_{t-1}²</i>	-2.22e-13	-
<i>puntos_produccion_intelectual_{t-1}</i>	0.047	0.022
<i>puntos_docencia_destacada_{t-1}</i>	0.054	0.036
<i>Residual</i>	-	0.421
<i>humanidades</i>	1.28	1.12
<i>ciencias</i>	-	-0.91
<i>psicología</i>	-1.76	-
<i>año_2008</i>	1.12	0.79
<i>año_2010</i>	1.54	1.32
<i>año_2012</i>	3.36	2.62

Fuente: Elaboración propia

Los efectos estimados del incentivo para la producción intelectual fueron $\gamma_{tEA} = 1.17 * 10^{-6}$ para el modelo tobit de efectos aleatorios y $\gamma_{tVV} = 1.31 * 10^{-6}$ en el modelo tobit que sigue la metodología de Vella y Verbeek. Las figuras 4.3 y 4.4 muestran el efecto estimado del incentivo sobre la productividad intelectual de los profesores de la Universidad del Valle, calculados a partir del modelo tobit de efectos aleatorios (figura 4.3) y el modelo tobit de Vella y Verbeek (Figura 4.4).

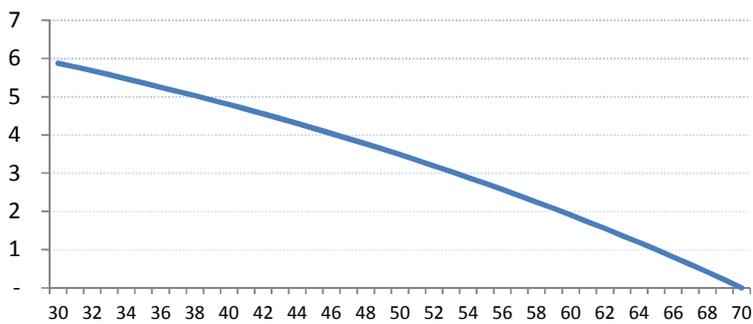
En la estimación del modelo tobit de efectos aleatorios el efecto es de 7,5 puntos para un profesor de 30 años, de 5,6 puntos para un profesor de 40 años, de 3,8 puntos para un profesor de 50 años, y de 1,9 puntos para un profesor de 60 años. La estimación del modelo tobit que sigue la metodología de Vella y Verbeek el efecto es de 5,9 puntos para un profesor de 30 años, de 4,8 puntos para un profesor de 40 años, de 3, 5 puntos para un profesor de 50 años, y de 1,9 puntos para un profesor de 60 años.

Figura 4.3. Efecto estimado del incentivo sobre la producción intelectual calculado a partir de la estimación tobit de efectos aleatorios



Fuente: Elaboración propia

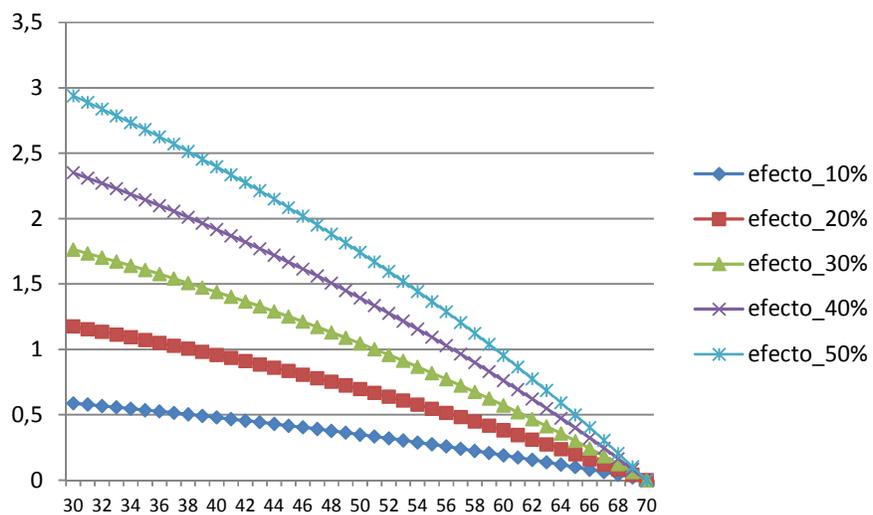
Figura 4.4. Efecto estimado del incentivo sobre la producción intelectual calculado a partir de la estimación tobit de vella y verbeck



Fuente: Elaboración propia

La figura 4.5 revela los efectos estimados utilizando los resultados del modelo Tobit con efectos fijos, de incrementos del 10%, 20%, 30%, 40% y 50% en el valor del punto salarial sobre la producción intelectual, asociados a cada nivel de edad.

Figura 4.5. Efecto estimado del incremento porcentual del valor de punto salarial



Fuente: Elaboración propia

7. Conclusiones

En el año 2012, de 759 profesores nombrados cobijados por el decreto 1279, el 23.8% eran profesores sin maestría ni doctorado, el 44.3% profesores con maestría y el 31.8% profesores con doctorado. Las estimaciones encontraron que un profesor con doctorado tiene aproximadamente 3 puntos más de producción intelectual que un profesor con maestría, y más de 4 puntos que un profesor con especialización. Por tanto, existe la oportunidad de incrementar la producción intelectual a través de la política de comisiones de estudio para mejorar el nivel académico de los profesores.

La estimación del modelo tobit de efectos aleatorios (tobit de Vella y Verbeek) encontró un efecto promedio del incentivo salarial sobre la producción intelectual de 7.5 (5.9) puntos para un profesor de 30 años, de 5.6 (4.8) puntos para un profesor de 40 años, de 3.8 (3.5) puntos para un profesor de 50 años, y de casi 1.9 (1.9) puntos para un profesor de 60 años etc. El efecto del incentivo salarial sobre la producción intelectual de un profesor de 54 años es equivalente a la diferencia en producción intelectual entre un profesor con doctorado y uno con maestría. Esto revela la importancia del incentivo salarial especialmente para los profesores más jóvenes.

Se encontró que la participación en un grupo de investigación afecta la producción intelectual en más de dos puntos, así que importante que las autoridades universitarias fomenten la participación profesoral en los grupos de investigación.

En el modelo teórico desarrollado en este artículo, el salario del profesor afecta su producción intelectual porque entre más alto sea su salario en la universidad pública, el profesor dedica menos tiempo a otras actividades generadoras de ingreso, como por ejemplo trabajar en otra universidad o en consultoría. Sin embargo, la evidencia empírica obtenida a partir de las estimaciones revela que el nivel de salario no tiene efecto positivo sobre la producción intelectual de los profesores de la universidad pública. Esto puede considerarse un indicio de que no existe trade off entre el tiempo dedicado a la investigación y el destinado a otras actividades generadoras de ingreso.

En el artículo de Levin y Stephan (1991) el salario del profesor resultó significativo en la explicación de su producción investigativa, pero hay que resaltar que en esa estimación se

utilizó el salario como una proxy de las ganancias futuras de las publicaciones del docente. En este artículo se cuanta con una medición más aproximada de la utilidad marginal de la investigación (el valor presente del punto salarial).

Sin embargo, dado que la muestra de estimación abarca solo profesores de la Universidad del Valle, una universidad pública con salarios de enganche relativamente bajos, no se puede determinar el efecto del salario en la contratación de docentes con mejores habilidades investigativa, y por tanto, su efecto en la producción intelectual. Dada esta limitación, lo que se puede es que el nivel de salario no afecta la producción intelectual a través de la distribución del tiempo dedicado a la investigación.

Las estimaciones encontraron un efecto promedio del incentivo salarial sobre la productividad intelectual de 15,4 puntos para un profesor de 30 años, de 12,59 puntos para un profesor de 40 años, de 9,15 puntos para un profesor de 50 años, y de casi 5 puntos para un profesor de 60 años etc. Lo que revela claramente la importancia del factor incentivo, si lo comparamos con la diferencia estimada en el efecto sobre la producción intelectual, entre tener doctorado y maestría que es de seis puntos o menos, o la pertenencia a un grupo de investigación que es de seis puntos.

Las mejores estimaciones de los modelos tobit se obtuvieron aplicando tasas de descuento muy bajas (1,9% y 0%). Se puede concluir que la estrategias de las universidades privadas de ofrecer primas por producción intelectual durante un periodo limitado (un año), no compite con el incentivo de la universidad pública, porque se requeriría un monto muy alto del valor marginal de la prima por producción intelectual para equilibrar el tiempo durante el cual los profesores de la universidad pública reciben su contraprestación, especialmente tratándose de profesores jóvenes. La ventaja que puede tener la universidad privada está en que el salario de enganche le permita contratar profesores con mayor habilidad investigativa.

Efectivamente uno de los principales problemas a los que se enfrenta la universidad pública en Colombia en la contratación de nuevos profesores, son las restricciones legales que afronta para fijar un salario de enganche que pueda atraer a los candidatos más talentosos del

mercado¹⁹. No obstante, la docencia en la universidad pública colombiana también tiene entre otros, un par de puntos a favor: i. no exige dedicación exclusiva, ii. Dependiendo de su antigüedad, experiencia y sobre todo publicaciones, un profesor de universidad pública puede llegar a ganar tanto o más que un profesor de universidad privada.

Si las ventajas que ofrece la universidad pública compensan el bajo salario de enganche de los profesores de la universidad pública, la distribución de habilidades investigativas de los profesores contratados no se vería afectada, y en ese caso podría afirmarse que la política de incentivos salariales es preferida a la de salarios altos.

En este sentido, políticas como el cargo de profesor dedicación exclusiva puede afectar positivamente la investigación porque puede ayudar a reducir la restricción del salario de enganche que habilite la contratación de profesores con mayor habilidad para la investigación, ya que permite que el salario del profesor se incremente hasta en un 22%. Sin embargo, no se esperaría un efecto directo del salario más alto sobre el esfuerzo a la investigación y la producción intelectual derivada.

La significancia y el efecto de las variables binarias de tiempo también dejaron ver el crecimiento *ceteris paribus* de la producción intelectual de los profesores de la Universidad del Valle, debido probablemente a efectos de cohorte y a la mayor oportunidad de publicación asociada a una mejor oferta de revistas especializadas y/o mejor ranqueadas por Colciencias.

¹⁹En el año 2014 el salario promedio de enganche de un profesor con doctorado fue de apenas 3,8 millones de pesos en promedio.

Conclusiones

Los dos primeros artículos desarrollados en esta tesis de doctorado aportan evidencia empírica a favor de la relación positiva entre salarios y el esfuerzo-productividad laboral en el sector manufacturero en Colombia.

A partir de la estimación de una función de producción aumentada en salarios se encontró que la elasticidad salario del producto de obreros y operarios de producción es del 70%, y este salario resultó significativo hasta con un nivel de significancia del 1%. Con ayuda de la elasticidad estimada, se simuló el impacto de un incremento del 1% en los salarios de los obreros y operarios de producción sobre las ganancias de los sectores manufactureros. Se obtuvo que el 89% de los sectores mejorarían sus ganancias con la política.

La contabilidad de innovaciones calculada a partir de los parámetros estimados de un modelo de vectores autorregresivos encontró que la productividad laboral tiene una respuesta significativa a choques exógenos sobre los salarios (es decir no afectados por la productividad). Sin embargo, el análisis de descomposición de varianza determinó que el efecto es despreciable, lo que encaja con la predicción teórica de la macroeconomía neoclásica, sobre el efecto estéril que tiene el incremento de los salarios sobre la productividad laboral.

Sin embargo, los hallazgos de los dos artículos no son contradictorios. En el segundo artículo se presenta evidencia que muestra que en las dos últimas décadas en Colombia, la productividad promedio y el salario real han seguido trayectorias diferentes. Mientras la productividad ha aumentado, el salario real cayó. En este escenario, una política de incremento de los salarios no sería considerada un choque exógeno, por el contrario, está respaldado por rezago salarial que no ha incorporado todo el crecimiento acumulado de la productividad.

La prueba de causalidad de Granger efectuada a partir de la estimación del mismo VAR encontró que los cambios en el salario no causan cambios en la productividad futura y que los cambios en la productividad no causan los cambios futuros en los salarios. Esto quiere decir que variaciones en los salarios no provocan variaciones futuras en la productividad, y que variaciones en la productividad no provocan variaciones futuras en los salarios. Lo que puede ocurrir comparando los dos artículos es que la variación en los salarios tenga un efecto

instantáneo sobre la productividad, que altera sus niveles pero no produce cambios futuros. Es decir, el efecto existe, se incorpora a la productividad pero no se reproduce en el futuro.

La simulación de un mercado artificial del trabajo asumiendo salarios de eficiencia y racionalidad limitada, permitió determinar que cuando existe heterogeneidad del factor trabajo en el mercado laboral asociado a las firmas intensivas en mano de obra no calificada, la dinámica del salario sigue dos sendas opuestas, así que no existe un único equilibrio estable para el salario. El aprendizaje inductivo puede conducir a una estrategia de salario bajo (alto), y mayor (menor) demanda de trabajo (con respecto a la línea base de homogeneidad). Esta conclusión se diferencia del modelo de selección adversa en el cual la heterogeneidad lleva a las firmas a pagar *solo* salarios más altos para evitar una baja productividad promedio.

La estrategia de salario bajo es viable porque el salario promedio cae lo que conlleva el mismo efecto en el salario de referencia, por lo tanto la reducción del esfuerzo producto del bajo salario es compensada con el efecto sobre el esfuerzo de la caída en el salario de referencia.

Lo interesante no es lo obvio, que un salario de referencia bajo permite pagar también salarios bajos sin afectar significativamente el esfuerzo de los trabajadores. Lo novedoso es que aunque las firmas compiten por los trabajadores más productivos pagando salarios más altos, el aprendizaje inductivo del algoritmo genético conduce a la estrategia de salario bajo aún sin que las firmas cooperen.

En el cuarto artículo se estimaron modelos de ciclo de vida y de producción intelectual de los profesores universitarios de Colombia utilizando datos de los docentes de la universidad del Valle. La evidencia empírica revela que el nivel de salario no tiene efecto positivo sobre la producción intelectual de los profesores de la universidad pública y son los incentivos salariales (pagos por productividad) los que estimulan su producción intelectual.

El incentivo salarial es especialmente importante en los profesores más jóvenes, para quienes el valor esperado de los ingresos futuros derivados de la producción intelectual es más grande. El efecto del incentivo salarial sobre la producción intelectual de un profesor de 54 años es equivalente a la diferencia en la producción intelectual entre doctores y maestros. Es decir, el efecto del incentivo en profesores con edades por debajo de los 54 años es superior al efecto de realizar estudios de doctorado (para los que tienen maestría)

Las estimaciones econométricas también permiten concluir que la estrategias de las universidades privadas de ofrecer primas por producción intelectual durante un periodo limitado (un año), no compite con el incentivo de la universidad pública, porque se requeriría un monto muy alto del valor marginal de la prima por producción intelectual para equilibrar el tiempo durante el cual los profesores de la universidad pública reciben su contraprestación, especialmente tratándose de profesores jóvenes. La ventaja que puede tener la universidad privada está en que el salario de enganche alto le permita contratar profesores con mayor habilidad investigativa.

Lista de referencias

Aigbokhan, B. 2011. “Efficiency wage, rent-sharing theories and wage determination in the manufacturing sector in Nigeria”. Documento de trabajo, African Economic Research Consortium – AERC Número 222.

http://www.aercafrica.org/index.php/publications/view_document/9-efficiency-wage-rent-sharing-theories-and-wage-determination-in-the-manufacturing-sector-in-nigeria

Akerlof, G., Yellen, J. 1990. “The fair wage-effort hypothesis and unemployment”. *Quarterly Journal of Economics*, 105(2): 255-283.

Aksnes, D. W., Rorstad, K., Piro, F., Sivertsen, G. 2011b. “Are Female Researchers Less Cited? A largescale study of Norwegian scientists”. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 62(4): 628–636.

_____, D., Rorstad, K., Piro, F., Sivertsen, G. 2011. “Age and scientific performance. A large-scale study of Norwegian scientists”. Paper presented at the ISSI 2011, Durban, South Africa.

Allison, P., Stewart, J. 1974. “Productivity differences among scientists: evidence for accumulative advantage”. *American Sociological Review*, 39: 596–606.

Altman, M. 2007. Effort “Discretion and Economic Agency and Behavioral Economics: Transforming Economic Theory and Public Policy”. Roger Frantz, Renaissance in behavioral economics Harvey Leibenstein's impact of contemporary economic analysis. New York: Routledge.

Álvarez, I.; Luengo, F. 2011. “Competitividad y costes laborales en la UE: más allá de las apariencias”. ICEI. Documento de trabajo, http://eprints.ucm.es/12669/1/WP_02-11.pdf

Archibugi, D., Coco, A. 2004. “A new indicator of technological capabilities for developed and developing countries”. *World Development*, 32 (4): 629–654.

Astin, H., Bayer, A. 1979. Pervasive sex differences in the academic reward system: Scholarship, marriage, and what else? D.R. Lewis & W.E. Becker (Eds.), *Academic rewards in higher education*, Ballinger, Cambridge, MA.

Baccini, A., Barabesi, L., Cioni, M., Pisani, C. 2014. "Crossing the Hurdle: The Determinants of Individual Scientific Performance". *Scientometrics*: 1-28.

Bayer, A., Dutton, J. 1977. "Career age and research-professional activities of academic scientists: tests of alternative nonlinear models and some implications for higher education faculty policies". *The Journal of Higher Education*, 48(3): 259-282.

Bonaccorsi, A., Daraio, C. 2003. "Age effects in scientific productivity - the case of the Italian national research council (CNR)". *Scientometrics*, 58(1): 49-90.

Bosworth, Derek, Peter Dawkins y Thorsten Stromback. *The Economics of the Labour Market*. United Kingdom: Addison Wesley, 1996.

Bowles, S. 2004. *Microeconomics: behavior, institutions and evolution*. New Jersey: Princeton University Press.

Bulow, J., Summers, L. 1986. "A theory of dual labor markets with application to industrial policy, discrimination and Keynesian unemployment". *Journal of Labor Economics*, (4): 377-414.

Calvo, G. 1979. "Quasi-Walrasian theories of unemployment". *American Economic Review*, (69): 102-107.

Caraballo, Pou 1996. "Salarios, productividad y empleo: la hipótesis de los salarios de eficiencia". *Revista Cuadernos de Estudios Empresariales*, N° 6: 106-127

Carayol, N., Matt, M. 2006. "Individual and collective determinants of academic scientists on productivity". *Information Economics and Policy*, 18: 55-72.

Carvajalino, A., Ariza, A. 2008. “Evaluación de los incentivos a la investigación y extensión en la Universidad Industrial de Santander”. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Humanas. Escuela de Economía y Administración. Universidad Industrial de Santander.

Chand, J. 2006. “Tests of the Solow efficiency wage model using Australian aggregate industry and macroeconomic time series data”. Thesis accepted for the award of the degree of Doctor of Philosophy. Sydney, School of Economics at the University of New South Wales.

Chumacero, R. 2005. *A Toolkit for Analyzing Alternative Policies in the Chilean Economy*. General Equilibrium Models for the Chilean Economy, editado por R.Chumacero y K.Schmidt-Hebbel, Santiago, Chile, Banco Central de Chile.

Clark, J.B. 1899. *The distribution of wealth – a theory of wages, interest and profits*. New York: Kelley.

Cohen, W., Florida, R., Goe, W. 1994. “University-industry research centres in the United States. Centre for Economic Development”, Documento de trabajo Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA.

Cole, J., Cole, S. 1973. “Social stratification in science”. Chicago: Chicago University Press.

_____, J., Zuckerman, H. 1984. *The productivity puzzle: Persistence and change in patterns of publication of men and women scientists*. M. W. Steinkamp & M. Maehr (Eds.), *Advances in motivation and achievement*, Vol. 2: 217–258.

Cole, S. 1979. “Age and Scientific Performance”. *American Journal of Sociology*, 84(4): 958-977.

_____, S., Cole, J., Dietrich, L. 1978. *Measuring the Cognitive State of Scientific Disciplines*. Elkana, Y., Lederberg, J., Merton, R., Thackray, A., Zuckermann, H. (Eds.), *Toward a Metric of Science: The Advent of Science Indicators*: 209-251.

Crane, D. 1965. “Scientists at Major and Minor Universities: A Study of Productivity and Recognition”. *American Sociological Review* 30(5): 699-714.

Creswell, J. W. 1986. "Measuring faculty research performance". Documento de trabajo New Directions for Institutional Research 50.

David, P. 1994. *Positive feedbacks and research productivity in science: reopening another black box*. Grandstrand, O. (Ed), Economics and Technology. Elsevier, Amsterdam: 65-85.

Departamento Nacional de Planeación DNP 2000. Una mirada al mercado laboral colombiano. Santafé de Bogotá.

https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DEE/Boletines_Divulgacion_Economica/BDE_2_empleo.pdf

Desormeaux, N. 2010. "Salarios de eficiencia y productividad". Documento de trabajo, Universidad Técnica Federico Santamaría.

<http://www.ceas.usm.cl/documentos/Estudios/Desempleo/Documento%20de%20Trabajo%20-%20Salarios%20de%20Eficiencia%20y%20Productividad.pdf>

Diaz M., Sanchez R 2008. "Firm size and productivity in Spain: a stochastic frontier analysis". *Small Business Economics*, 30(3):315-23.

Díaz, C., Gamboa, V., Romero, C. & Novoa, O. 2008. "La influencia del crecimiento económico en los salarios: Colombia periodo 1975-2005". *Finanzas y Política Económica*, 2(1): 3-22.

Dundar, H., Lewis, D.1998. "Determinants of research productivity in higher education". *Research in Higher Education*, 39(6): 607-631.

Durán, Julián 2005. "¿Determinantes del salario de reserva en el mercado laboral de Cali en el 2004?" Documentos de Trabajo del CIDSE, n°85, 2005: 1-21.

Eaton, C.; White, W. 1982. "Agent compensation and the limits of bonding". *Economic Inquiry*, 20: 330-43.

Esteves, L. 2008. “Salário eficiência e esforço de trabalho: evidências da indústria brasileira de construção”. *Economia*, Associação Nacional dos Centros de Pósgraduação em Economia, 9(2): 327-341. http://www.anpec.org.br/revista/vol9/vol9n2p327_341.pdf

Faria, Luis 2004 “Agent-based Model in Labor Market as a Third Way to Micro/macro Relation: A New Paradigm” Ponencia presentada en *wild@ace 2004 Conference, Industry and Labor Dynamics*. Turín: 2004.

Farne, S., Nupia, O. 1998. *Costos laborales, productividad, competitividad y empleo*. Documento de trabajo. Mimeo empleo un desafío para Colombia, documento preliminar OIT.

Ferdushi, K.;Baten, M.;Kamil, A.; Mustafa, A. 2011. “Wage augmented stochastic frontier model with truncated normal distribution”. *International Journal of Physical Sciences*, 6(14): 3288–3295.

Fielden, J., Gibbons, J. 1991. “Merit myopia and business school faculty publications”. *Business Horizons*, 34 (2): 8-12.

Foladory, G.;Melazzi, G. 2009. “La economía de la sociedad capitalista y sus crisis recurrentes”. Universidad de la República, Montevideo. Documento de trabajo. Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM).
<http://economarx21.files.wordpress.com/2012/03/economiasociedadcapitalista.pdf>

Fonseca, F.;Magallón, J. 2007. “Un análisis de los factores que inciden sobre la desigualdad salarial en Jalisco”. XVII Coloquio Mexicano de Economía Matemática y Econometría 21-25 de Mayo de 2007. Universidad de Quintana Roo Chetumal, Quintana Roo, México.
http://www.dcsea.uqroo.mx/fwalla/Ponencias_Coloquio/ponencia%20Fonseca.pdf

Fox, M. 1992. “Research, teaching, and publication productivity: mutuality versus competition in academia”. *Sociology of Education*, 65(4): 293-305

Geisendorf, Silvye. 1999. “Genetic Algorithms in Resource Economics Model”. *Santa Fe Institute, Working Paper*, n° 99-08-058: 1-26.

Gonzalez, C. 2008. “Los salarios de eficiencia, una vía para accionar positivamente sobre la productividad del trabajo en Cuba”. Tesis en opción al Grado de Master en Economía. La Habana: Facultad de Economía, Universidad de La Habana.

<http://fec.uh.cu/doctorado/doctoradofp/Tesis/Maestrias/7ma/Carlos%20Enrique%20Gonz%20Eles%20Garc%20EDa%20-%20Los%20salarios%20de%20eficiencia,%20una%20v%20EDa%20para%20accionar%20positivamente%20sobre%20la%20productividad%20del%20trabajo%20en%20Cuba.pdf>

Gonzalez, C., Veloso, F. 2007. “The determinants of research output and impact: A study of Mexican researchers”. *Research Policy*, 36: 1035-1051.

Goodwin, T. Sauer, R. 1995. “Life cycle productivity in academics research: Evidence from cumulative publication histories of academic economists”. *Southern Economic Journal*, 61(3): 728-743

Gorbaneff, Y. 2003. “Teoría del Agente-Principal y el mercadeo”. *Revista EAFIT*, 129: 75-86.

Greenwald, B., Stiglitz, J. 1986. “Externalities in economies with imperfect information and incomplete markets”. *Quarterly Journal of Economics*, 101(2): 229-264.

Guasch, J.; Andrew W. 1980. “Wages as a sorting mechanism in competitive markets with asymmetric information: A theory of testing”. *Review of Economic Studies*, 47: 653-664.

Gutiérrez, J., Berrio, O. 2011. “Punto de inflexión entre empresas y universidades ante la relación Universidad, Empresa y Estado en Colombia”. *Revista Universidad & Empresa*, vol. 21: 167-191.

Guzmán, A., Trujillo, M. 2011. “Políticas de incentivos relacionadas con la investigación: una revisión crítica desde la teoría de contratos”. *Estudios Gerenciales*, 27, 120: 127-145.

Haddad, L., Bouis, H. 1991. “The impact of nutritional status on agricultural productivity: Wage evidence from the Philippines”. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 53 (1): 45-68.

Holland, John. 1975. “*Adaptation in Natural and Artificial Systems*”. Documento de trabajo. Ann Arbor: University of Michigan Press

Instituto de Estudios Fiscales y Económicos (IEFE). 2004. “La relación entre salario y productividad: una aplicación al caso argentino”. *Reporte*, 127, estudio 7.

<http://www.iefe.org.ar/doc/r127/est7r127.pdf>

Iregui, A., Melo, L., Ramírez, M. 2010. “Incrementos y rigideces de los salarios en Colombia: un estudio a partir de una encuesta a nivel de firma”. *Revista de Economía del Rosario*, 13(2): 279-311.

Jordan, J. M., Meador, M., Walters, S. 1989. “Academic research productivity, department size and organization: further results”. *Economics of Education Review*, 8(4): 345-352.

Knorr, K., Mittermeier, R., Aichholzer, G., Waller, G. 1979. *Individual publication productivity as a social position effect in academic and industrial research units*. F. Andrews (Ed.), *The effectiveness of research groups in six countries* : 55–94. Cambridge: Cambridge University Press.

Kosciuczyk, Vera. 2012. “El aporte de la economía conductual o *Behavioural Economics* a las políticas públicas: una aproximación al caso del consumidor real”. *Palermo Business Review*, n° 7, 2012: 23-40.

Kyvik, S. 1991. “Productivity in Academia. Scientific publishing at Norwegian universities.” Oslo: Universitets forlaget.

Kyvik, S. 1995. “Are big university departments better than small ones?”. *Higher Education*, 30(3): 295-304.

Kyvik, S., Teigen, M. 1996. “Child Care, Research Collaboration, and Gender Differences in Scientific Productivity”. *Science, Technology & Human Values*, 21(1): 54–71.

- Lehman, H. C. 1958. "The chemist most creative years". *Science*, 127: 1213–1222
- _____, H. C. 1960. "The decrement in scientific productivity". *American Psychologist*, 15: 128–134.
- Leibenstein, H. 1957. *Economic backwardness and economic growth*. Documento de trabajo. New York: Wiley.
- _____, H. 1968. "Entrepreneurship and development". *American Economic Review*, 58: 72-78.
- Levin, S. y Stephan, P. 1991. "Research productivity over the life cycle: evidence for academic scientists". *The American Economic Review*, 81: 114–132.
- _____, S., Stephan, P. 1989. "Age and research productivity of academic scientists". *Research in Higher Education*, 30(5): 531–549
- Lin, C.; Lai, C. 1994. "The turnover costs and the Solow conditions in an efficiency wage model with intertemporal optimization". *Economics Letters*, 45: 501-505.
- Long, J. S. 1978. "Productivity and academic positions in the scientific career". *American Sociological Review*, 43: 889–908.
- Lotka A. 1926. "The frequency distribution of scientific productivity". *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 16: 317-323
- Manjarres, L. 2009. "Las relaciones Universidad empresa y su efecto sobre la segunda misión universitaria". Tesis doctoral, Departamento de estadística e investigación operativa aplicada y calidad. Universidad Politécnica de Valencia
- Martínez, J. 2005. "Salarios, precios y productividad, una aproximación al valor de la fuerza de trabajo en México". *Análisis Económico*, XX(44): 63-91.

Martínez, M. 1995. *El concepto de productividad en el análisis económico*. Documento de trabajo <http://www.critica-apotzalco.org/AECA/promotores/archivo%20laboral/eugenia1.pdf>

Marx, Karl 1946. *El capital: crítica de la economía política, Tomo 1*. México: Fondo de Cultura Económica.

Méndez, Jhon. 2008 “Adaptación de algoritmos genéticos en la simulación del comportamiento estratégico de los agentes contaminadores ante el cobro de tasas retributivas”. *Cuadernos de Administración*, Vol. XXI, n° 35: 165-187.

Merton, R.K. 1968. “The Matthew effect in science”. *Science*, 159(3810): 56-63.

Miller, A.,Serzan, S. 1984. “Criterion for identifying a refereed journal”. *Journal of Higher Education*, 55(6): 763-699.

Monte, Paulo, Hilton Ramalho y Márcia Pereira. 2011 “O salário de reserva e a oferta de trabalho: evidências para o Brasil”. *Brazilian Journal of Applied Economics*, Vol. 15, n° 4: 613-639.

Montesinos, Mario 2000. “La dinámica salarios productividad y el desarrollo económico de El Salvador” .*Revista Realidad*.

<http://www.uca.edu.sv/revistarealidad/archivo/4d9e31cc42318ladinamicasalarios.pdf>

Obembe, O. 2012. “Determinants of scientific productivity among Nigerian University academics”. *Indian Journal of Science and Technology*, 5(2): 2155-2164

Paasi, A. 2005. “Globalization, academic capitalism, and the uneven geographies of international journal publishing spaces”. *Environment and Planning*, 37: 769–789.

Pérez, M. 2013. Reforma al Decreto 1279 por la puerta de atrás. ¿Qué universidad queremos?.
Publicación trimestral del Departamento de Filosofía de la Universidad del Valle, N°2.

Perozo, S., de Arteaga, F., Fuenmayor, B. 2008. “La Productividad Investigativa de los
Docentes del Instituto Universitario de Tecnología de Cabimas”. *Revista Negotium*, 3 (9): 72-
87

Piedra, Y., Martínez, A. 2007. “Producción científica”. *Revista Ciencias de la información*,
38(3): 33-38.

Porter, S., Umbach, P. 2001. “Analyzing faculty workload data using multilevel modeling”.
Research in Higher Education, 42(2): 171-196.

Prasad, Eswar 2003. “What Determines the Reservation Wages of Unemployed Workers?
New Evidence from German Micro Data” *IZA Discussion Papers* n° 694 :32-52.

Print, M., Hattie, J. 1997. “Measuring Quality in Universities: An Approach to Weighting
Research Productivity”. *Higher Education*, 33(4): 453-469.

Rana, M., Baten, A., Kamil, A. 2010. “A stochastic frontier approach for empirical tests of
efficiency wage models”. *Scientific Research and Essays*, 5(11): 1234-1242.

Rauber, M., Ursprung, H. 2008. “Life Cycle and Cohort Productivity in Economic Research:
The Case of Germany”. *German Economic Review*, 9(4): 431-456.

Rebne, D. 1990. “Determinants of individual productivity: A study of academic researchers.”
Documento de trabajo. Institute of Industrial Relations Publications Center, UCLA

República de Colombia 1992. Decreto 1444 de septiembre 3 de 1992. Por el cual se dictan
disposiciones en materia salarial y prestacional para los empleados públicos docentes de las
universidades públicas del orden nacional.

República de Colombia 2002. Decreto 1279 de Junio 19 de 2002. Por el cual se establece el régimen salarial y prestacional de los docentes de las Universidades Estatales.

Reskin, B. 1978. "Scientific productivity, sex, and location in the institution of science". *American Sociological Review*, 83 (5): 1235-1243

Riechmann, Thomas 1998 "Learning an behavioral stability. An economic interpretation of genetic algorithms" *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 9, n° 2: 225-242.

Riveros, Luis 1993. "El enfoque de salarios de eficiencia y el ajuste económico en países en desarrollo" *Desarrollo y Sociedad*, n° 27: 25-46.

Rodríguez, M. 2009. "Salarios de eficiencia en un modelo de crecimiento económico". Documentos de Trabajo, Facultad de Economía de la Universidad del Rosario, (62), 23. <http://www.urosario.edu.co/economia/documentos/pdf/dt62.pdf>

Romaguera, P. 1991. "Wage differentials and efficiency wage models: Evidence from the chilean economy". Documentos de trabajo #153, Kellogg Institute. <http://kellogg.nd.edu/publications/workingpapers/WPS/153.pdf>

Romer, D. 2002. *Macroeconomía avanzada*. McGraw Hill, Segunda Edición.

Ruesga S., Ortiz, L., Resa, C., Bichara, J.& Heredero, M. 2005. *Análisis económico de la negociación colectiva en España. Una propuesta metodológica*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Subdirección General de Información Administrativa y Publicaciones.

Salop, S. 1979. "A model of the natural rate of unemployment". *The American Economic Review*, 69 (1): 117-125.

Sánchez R. 1997. "Productividad y desempleo: un estudio a través de salarios de eficiencia". *Estadística española*, 39(142): 185 – 205

Sánchez, F.; Núñez, J. 1998. "Educación y salarios relativos en Colombia, 1976-1995: determinantes, evolución e implicaciones para la distribución del ingreso". Documentos de

trabajo. Archivos de Macroeconomía. Número 74. Departamento Nacional de Planeación.
https://www.dnp.gov.co/Portals/0/archivos/documentos/DEE/Archivos_Economia/74.pdf

Saygili, Seref 1998. "Is the efficiency wage hypothesis valid for developing countries? Evidence from the Turkish cement industry". Documentos de trabajo. Studies in Economics. Número 9810. <https://ftp.ukc.ac.uk/pub/ejr/RePEc/ukc/ukcedp/9810.pdf>

Schunk, Daniel 2003. "Modeling the Use of Nonrenewable Resources Using a Genetic Algorithm". Documentos de trabajo. *Sonderforschungsbereich* (Universität Mannheim), n° 03-23: 1-14.

Shapiro, C. & Stiglitz, J. 1984. "Equilibrium unemployment as a worker discipline device". *American Economic Review*, 74: 433-444.

Sharpe, A., Arsenault, J. & Harrison, P. 2008. "The relationship between labour productivity and real wage growth in Canada and OECD countries". Documento de trabajo *CSLS research report 2008-8*. Canada: Center for the Study of Living Standards.

Simon, Herbert. 1955. "A Behavioral Model of Rational Choice". *The Quarterly Journal Economics*, Vol. 69, n° 1: 99-118.

Smeby, J., Try, S. 2005. "Departmental contexts and faculty research activity in Norway". *Research in Higher Education*, 46(6): 593-619

Smith, A. 1937. "*An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*". Documentos de trabajo. New York: The Modern Library.

Solow, R. 1979. "Another possible source of wage stickiness". *Journal of Macroeconomics*, 1(1), 79-82.

Souza, J. 2012. “*Real wages and labor-saving technical change: Differences between mature and labor-surplus economies*”. Documentos de trabajo. University of Massachusetts.
http://www.assoeconomiepolitique.org/political-economy-outlook-for-capitalism/wp-content/uploads/2012/06/wage_productivity1.pdf

Stephan, P. 2010. *The economics of science*, Handbook of the economics of innovation – Vol-1, Bronwyn H & Nathan Rosenberg, Acad. Press, Burlington: 217-274.

Stiglitz, J. 1976 “The efficiency wage hypothesis, surplus labor and the distribution of income in LDCs”. *Oxford Economic Papers*, 28: 185-207.

Summers, Lawrence. 1988. “Relative Wages, Efficiency Wages, and Keynesian Unemployment” *American Economic Review*, Vol. 78, n° 2: 383-388.

Tang, Ch. 2010. “A note on the nonlinear wages – productivity nexus for Malaysia”. Documentos de trabajo. MPRA Paper, University Library of Munich, German.

Valdés, B. 1979. “Valor precio y plusvalor ganancia en Marx (I)”. *El Basilisco*, 8:38-48.

Venegas, F.& Rodríguez, A. 2009. “Exogeneidad de la rigidez salarial en la nueva economía keynesiana”. *Revista Análisis Económico*, 24(55): 303-325.

Wadhvani, Suchil, y Martin Wall 1991 “A Direct Test of the Efficiency Wage Model Using UK Micro-Data” *Oxford Economic Papers*, Vol. 43, n° 4: 529-548.

Weiss, Andrew 1980. “Job Queues and Layoffs in Labor Markets with Flexible Wages” *Journal of Political Economy*, n°58: 526-538.

_____, Andrew y Ruqu Wang 1990 A Sorting Model of Labor Contracts: Implications for Layoffs and Wage-Tenure Profiles. Documentos de trabajo. *NBER*, n° 3448: 1-53.

Weiss, Y., Lillard, L. 1982. "Output variability, academic labor contracts, and waiting times for promotion". *Research in Labor Economics*, 5: 157–188.

Winoto, Pinata 2002. "Genetic Algorithm and Social Simulation" *Proceedings of the 7th Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence*, Vol. 2417: 148-157.

Yellen, Janeth 1984 "Efficiency Wage Models of Unemployment". *American Economic Review Papers and Proceedings*, n°74: 200–205.

Zuckerman, H., Merton, R. 1972. *Age, aging, and age structure in science*. Riley, M., Johnson, M., Foner. A. (Eds.), *Sociology of age stratification: Aging & society* (Vol. 3). New York: Russel Sage foundation. (Reprinted in: Storer, N. W. (Ed.). 1973. *The Sociology of Science: Collected Papers of R.K. Merton*, Chicago University, Chicago Press. : 497–559.