

Redes neuronales para la estimación de la pobreza en el Ecuador¹

PEDRO PAEZ PEREZ²

Resumen

Este artículo propone el uso de redes neuronales en la construcción de un índice aproximado de la evolución de la incidencia de la pobreza urbana en Ecuador, reproduciendo, con un importante nivel de ajuste, los efectos de las políticas macroeconómicas en el corto plazo que posiblemente capturaron las Encuestas de Empleo Urbano, Subempleo y Desempleo. Sin desconocer la presencia de factores estructurales, la estimación confirma las predicciones testeables del modelo teórico esbozado en el sentido de que las políticas cambiaria, salarial y monetaria, en ese orden, tienen una influencia decisiva en las fluctuaciones del nivel de pobreza en el corto plazo. Como aporte metodológico, este ejercicio muestra las interesantes posibilidades que brindan las redes neuronales para estimación y modelización, inclusive en casos como éste, cuando las dimensiones muestrales no son muy prometedoras.

Abstract

This paper proposes the use of neural networks for the building of a proxy of poverty incidence in Ecuadorian urban areas, reproducing, with an important goodness to fit, the effects of macroeconomic policies in the short run, according to the data captured by the Surveys of Urban Employment, Underemployment and Unemployment. Although recognizing the importance of structural factors, the estimation confirms the testable predictions derived from the theoretical model. Those predictions say that exchange rate, wage and monetary policies, in that order, would have a decisive influence in poverty's short run fluctuations. As a methodological contribution, this exercise shows the interesting possibilities that neural networks offer for estimation and modelization, even when, as in this case, we could have small sample problems.

1. Introducción

Este artículo explora las posibilidades del uso de redes neuronales, técnica de reciente florecimiento en la literatura, en la aproximación a un índice de pobreza a

¹ Una primera versión, en inglés, de este trabajo fue insumo para la estimación de un modelo de equilibrio general como parte de la Disertación que presentó el autor para obtener su PhD en la Universidad de Texas en Austin. En tanto tal, se benefició de los agudos comentarios de los profesores miembros del comité de grado: David Kendrick, James Galbraith, Subal Kumbhakar, Don Fullerton y Vincent Geraci. Adicionalmente, comentaron sobre esta metodología los profesores Maxwell Stinchcombe y Peter Debaere. Este texto en español parte de la traducción de Sandra Riascos y Gabriela Fernández y, aparte de sus aportes para hacerlo más legible, recibió las sugerencias de Francisco Burgos, Meitner Cadena, Mauricio León y Jeannette Sánchez. La generosa contribución de todas estas personas no las compromete, sin embargo, con los errores remanentes. Asimismo, queda expresa constancia que las opiniones vertidas aquí no necesariamente reflejan la posición oficial del Banco Central del Ecuador.

² Técnico de la Dirección General de Estudios.

nivel nacional urbano en Ecuador, utilizando las Encuestas Urbanas de Empleo, Subempleo y Desempleo como información de base.³

El modelo propuesto rebasa la mera extrapolación en la construcción de un índice denso y largo de series de tiempo y permite constatar ciertas hipótesis teóricas críticas al saber convencional en lo referente a los movimientos de los precios relativos y su impacto sobre la desigualdad.

La grave situación del país hace aún más urgentes esfuerzos de este tipo toda vez que restricciones fiscales impiden la realización de encuestas y estudios con la frecuencia y la profundidad deseada. Note-se, sin embargo, que el modelo presentado aquí no podría sustituir la realización de estudios básicos sobre la situación social en el país.

Los riesgos de una convulsión social y la magnitud y diversidad de sus costos deberían ser una línea de preocupación constante en el quehacer académico y en el diseño e implementación de la política económica. Sin desconocer la magnitud de los determinantes estructurales, este estudio muestra la relevancia de la política macroeconómica en la evolución de la pobreza en el corto plazo.

La siguiente sección trata de ubicar las limitaciones de este ejercicio en el marco de los problemas metodológicos inherentes a la medición de un problema tan complejo como es el de la pobreza. Dichas limitaciones pueden ser de índole estadístico o de la noción misma de pobreza o desigualdad utilizada.

La sección 3 refiere los aspectos teóricos básicos que sustentan esta exploración cuantitativa, partiendo de una crítica de las líneas de explicación convencional basada en el paradigma Hecksher-Ohlin-Samuelson. La sección 4 hace un breve recuento de las ventajas y las posibilidades de las técnicas de redes neuronales. La sección 5 reseña los resultados de la estimación de la incidencia de la pobreza urbana en Ecuador, con redes neuronales, para los años 1988-1997, evidenciando el alto nivel de ajuste que estas técnicas permiten, inclusive con restricciones del tamaño muestral. La sección 6 muestra el poder explicativo del modelo contrastando sus resultados con hechos estilizados durante el periodo bajo estudio y con simulaciones que permiten descomponer los cambios en el nivel de pobreza conforme sus factores más importantes. La última sección recoge algunas reflexiones a manera de conclusión.

³ El autor agradece la gentileza de Mauricio León al proporcionar sus cálculos de incidencia de pobreza sobre los cuales se realizaron las estimaciones de redes neuronales.

2. Limitaciones de las medidas de inequidad y pobreza

Es importante mencionar las limitaciones del índice que se ha construido en este documento. La pobreza es un fenómeno muy complejo, más aún en sociedades con un alto grado de heterogeneidad como es el caso del Ecuador. A pesar de los importantes esfuerzos que se han hecho desde diferentes perspectivas en los años recientes, la calidad de los datos para cualquiera de las medidas puede ser cuestionada a distinto nivel: tamaño de la muestra, cobertura, alcance, densidad, extensión y consistencia. Por otro lado, la noción misma de cada índice de desigualdad presente en la literatura refleja diferentes enfoques y líneas de preocupación. Vamos a explorar las posibilidades y limitaciones del tipo de índice escogido.

Las estimaciones realizadas para este trabajo se basan en el índice de incidencia de pobreza (head count index) bajo el método de ingreso con la "línea baja de pobreza" definida por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Es importante establecer de antemano los alcances y las limitaciones de diversa índole que tiene este índice.

Las Encuestas Urbanas de Empleo, Subempleo y Desempleo fueron levantadas por el Instituto Nacional de Empleo, INEM entre 1988 - 1992, y, desde 1993 hasta la fecha, por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC. Durante el período 1988-1992 y en 1996, las encuestas se realizaron una vez al año entre octubre y noviembre. En 1993 se aumentó una ronda en junio-julio⁴.

Cambios institucionales en el manejo de las encuestas con las consecuentes modificaciones en el trabajo de campo y los cuestionarios han introducido algo de "ruido" en la comparabilidad de las series. De cualquier manera, diferentes correcciones de las cifras no cambian en lo fundamental la tendencia o la orientación básica de los cambios de tendencia.

Debido a problemas inherentes a este tipo de encuestas, el mejor uso que se puede dar a estos indicadores es el de detectar tendencias, en lugar de precisar el nivel real de ingresos o la proporción exacta de pobres en la sociedad. Por otro lado, el objetivo central de esas investigaciones está referido al empleo, siendo la información sobre ingresos relativamente marginal, con significativos problemas de exactitud. Incluso si fuese exacta, la información disponible sobre ingresos solo proporcionaría una medida indirecta de pobreza.

⁴ En este estudio se considerará solo la ronda de octubre-noviembre para 1997. En 1998 y 1999 solo se ha hecho una ronda en noviembre.

En general, las teorías económicas asumen que el bienestar es una función convexa del ingreso y que una mejor aproximación del bienestar es el nivel de consumo⁵. Datos sobre consumo –cuando están disponibles– son, en general, más confiables en tanto el riesgo de revelar la verdad es menor para el informante; no obstante, la contabilidad y el procesamiento de la información sobre consumo puede ser mucho más laborioso. Debe tomarse en cuenta, de cualquier manera, que ejercicios comparativos en otros países han hallado una distribución menos polarizada en el consumo que en los ingresos, y un patrón más acentuado puede ser apreciado a través del tiempo.⁶

El método del ingreso usado aquí mide la calidad de vida en referencia a la “línea baja de pobreza”. Esta línea refleja el costo de la canasta mínima de necesidades básicas, bajo la definición estándar usada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). La línea es definida como el equivalente de US\$ 2 por persona por día (alrededor de US\$ 60 por mes), ajustado por el método de la paridad del poder de compra (PPP) con base en 1985, y “deflactada” a los precios de los meses de levantamiento de las encuestas a partir del índice de precios del consumidor urbano (IPC). Esta definición se basa en el ingreso per cápita en lugar de equivalencias demográficas en término de adultos (o adulto-equivalencias), lo cual, adicionalmente omite las economías de escala en el consumo de los hogares. Este hecho podría ser particularmente relevante en el caso del Ecuador, pues los hogares más pobres tienden ser más numerosos en promedio –incluso si la tendencia general es a la reducción de número de miembros– debido a cambios en las estrategias productivas y reproductivas de la economía popular y en particular de las familias más pobres; la dinámica de la economía informal; y, finalmente, la expansión de métodos anticonceptivos modernos entre la población.⁷

Nótese entonces que, la medida de pobreza de la que partimos en este estudio captura solo de manera imperfecta algunos aspectos del fenómeno que pretendemos investigar.

⁵ El consumo, y particularmente el consumo material no tiene por qué ser considerado como medida absoluta ni siquiera principal, del bienestar humano, como la literatura dominante pretende.

⁶ Véase Slesnick, D. (1993). Para el caso de los Estados Unidos, por ejemplo, la correlación de sección transversal entre la distribución del ingreso y la del consumo ha caído de 0.8 en 1961 a 0.69 en 1993. La configuración y la evolución de los hogares, el mercado de crédito y el consumo de bienes durables estarían entre los principales factores explicativos de estas diferentes distribuciones. Para el caso del Ecuador, en otro estudio, se ensaya una línea adicional de explicación en la que las relaciones de familia ampliada, parentesco ritual y prácticas étnicas de consumo colectivo festivo, reemplazarían el papel que mercados formales de crédito tendrían otros países desarrollados (Ver Páez, P. (1999)).

⁷ Para una comparación internacional que incluye a Ecuador y algunas estimaciones econométricas en este tema, véase Kouwenaar, A. (1988).

Solo para tener una idea de las diferencias metodológicas y al mismo tiempo, de la dimensión del problema en Ecuador, podríamos comparar los datos para un año en el que se ha podido conseguir cifras bajo ambos métodos. Para el año 1995 que se tienen datos comparables entre sí pero no con las estadísticas usadas en esta estimación, mientras por el método del consumo se computaba un 9.6% de pobres en el área urbana y un 38.4% en la rural, por el método del ingreso estas cifras subían a 16.8% y 55.5% respectivamente.⁸

Más aún, se debe recordar que la incidencia de la pobreza es solo uno de los muchos índices que pueden ser usados y presenta solo un aspecto parcial de un problema tan complejo. Otros indicadores de desigualdad incluyen: la curva de Lorenz, el coeficiente de Gini, el índice de Entropía de Theil, el coeficiente de variación y la distribución del ingreso entre los deciles de la población, la tasa de participación laboral en el PIB, etc.

La presencia del “sector formal” en general, y el sector manufacturero (definido en sentido amplio como las actividades secundarias con más de diez empleados), en particular, está disminuyendo. No obstante, la composición heterogénea de la fuerza laboral en el Ecuador no permite generalizaciones; además, hay convencimiento de que la información contenida en las Encuestas de Empleo Urbano, Subempleo y Desempleo, a pesar de sus limitaciones, es la mejor fuente disponible para un estudio sistemático de la distribución del ingreso y del empleo.

Analizando las limitaciones de todas las medidas existentes de pobreza e inequidad, Amartya Sen adopta un enfoque axiomático que se constituye en un elemento central de la literatura sobre este tema. El autor sugiere, como criterios para una medición calificada de la pobreza, los siguientes axiomas:

- **Enfoque:** solo interesa los ingresos de los pobres dentro del índice de pobreza,
- **Monotonicidad:** reducir el ingreso de los pobres incrementa el índice de pobreza; y,
- **Transferencia Débil:** transferencias regresivas entre los pobres incrementan el índice de pobreza.

Ninguno de los antes mencionados índices cumplen los tres requisitos, pero continúan siendo muy difundidos en la literatura.⁹

⁸ Ver Jácome L., C. Larrea y R. Vos (1997). La metodología de estas estimaciones es similar a la usada aquí en lo referente al método del ingreso, pero la fuente es distinta pues se basa en las Encuestas de Condiciones de Vida.

⁹ Véase Slesnick, D. (1998), Sen, A. (1973).

Nótese que en el caso específico del *head-count ratio* o índice de incidencia de la pobreza que se utilizará aquí, solo el axioma de “Enfoque” se mantiene. En este sentido, el índice no puede ser considerado como una medida definitiva e inequívoca de las condiciones sociales de un país.

Otra distinción importante que se debe resaltar en relación a los indicadores de pobreza se deriva de la distinción entre los ingresos y el nivel de vida. Este último método hace referencia al estándar de vida y al acceso a necesidades básicas: vivienda y servicios públicos. Los elementos involucrados están más relacionados con el diseño de políticas de mediano y largo plazo, el acceso a algunos de ellos están parcial o enteramente dirigidos a grupos específicos, otros en cambio, requerirían transformaciones estructurales.

En consecuencia, debe quedar claro que el índice utilizado no pretende reflejar aspectos estructurales en la evolución de la pobreza. Como referencia, combinando estos criterios, en 1990, el 50.6% de la población ecuatoriana era considerada como pobre “crónico” (bajo la línea de pobreza y con necesidades básicas insatisfechas), el 18.6% como pobre “reciente” (bajo la línea de pobreza pero con las necesidades básicas satisfechas); y, el 9.6% como pobre “inercial” (aquellos que, por lo general, están sobre la línea de pobreza pero no tienen resuelto el problema de las necesidades básicas)¹⁰.

El índice propuesto en este trabajo considera todas las limitaciones descritas en esta sección como dadas y se ha diseñado sobre esa base un índice aproximado (*proxy*) de los cambios de la inequidad, en el corto plazo. Lo que se quiere capturar es, en sí mismo, algo restringido pues solo se refiere a las variaciones del ingreso en el corto plazo; por consiguiente, no contendrá las características estructurales del problema: relaciones de propiedad, provisión de infraestructura, difusión de tecnología, estructuras financieras y de mercado, y muchos otros factores que cambian en el largo plazo o son producto de transformaciones radicales.

¹⁰ Véase Cabrera, Y. et al. (1993), Moncada, J. (1995). De nuevo, las metodologías no son comparables. El SIISE tiene estimaciones para 1995, a partir de la Encuesta de Condiciones de Vida, en la que los resultados son: recientes 14.3%; inercial 13.6%; crónica 41.7%; y, no pobres 30.4%. En el total, según el consumo, la incidencia de la pobreza es de 56%, en tanto que los individuos con necesidades básicas insatisfechas representan el 55.3%. Fuente: Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador-SIISE, versión 1.0, 1999.

3. Nuestra hipótesis de trabajo

En esta sección hacemos una breve resena de los fundamentos teóricos que sustentan las variables seleccionadas en la estimación¹¹. Los principales factores en la evolución de la incidencia de la pobreza considerados en este modelo para el corto plazo son: el nivel de actividad y su composición y los efectos distributivos de los precios clave. Con la información disponible no fue posible discriminar los efectos conjuntos en términos de crecimiento y distribución de cada variable. Sin embargo, se podría identificar el efecto total de corto plazo de cada variable, en base a simulaciones con la red neuronal. No obstante, hay que tener cuidado de la subestimación relativa del efecto propio del crecimiento, dado que las variables como el tipo de cambio, el salario mínimo, la tasa de interés y la inflación tienen efectos simultáneos en la distribución, en el nivel total actividad y en la propia composición del PIB.

Basándose en explicaciones convencionales, de tipo Heckscher-Ohlin-Samuelson por ejemplo, se podría predecir que políticas orientadas a estimular las exportaciones como aquellas implementadas en el Ecuador durante las últimas décadas, tendrían un sesgo distributivo en favor del factor utilizado de forma intensiva para la producción de los bienes exportables. Esto implicaría que países como el Ecuador, cuya “ventaja” exportadora¹² es la mano de obra barata, habrían experimentado un mejoramiento relativo en los salarios de los trabajadores poco calificados y, por consiguiente, una reducción en la inequidad del ingreso. Sin embargo, la evidencia sugiere lo contrario, no solo en Ecuador sino en varios países en vías de desarrollo¹³.

Si se relaja el supuesto de pleno empleo que está implícito en el paradigma de Heckscher-Ohlin-Samuelson, se pueden obtener algunas explicaciones a este fenómeno. En lugar de la dicotomía trabajo calificado/no calificado, se podría visualizar un continuo de destrezas, ordenadas en función de la demanda productiva de la tecnología dominante. La demanda específica para cada segmento de destreza

¹¹ Para un detalle de los desarrollos teóricos que explican la selección de las variables, véase Páez, P. (1999). Aunque las redes neuronales son técnicas no paramétricas de estimación, no necesariamente este es un caso de “medición sin teoría”. El chequeo del signo de las derivadas numéricas para cada variable y las simulaciones contrafactuales posibles con este modelo harían rebasar las dimensiones previstas para este artículo.

¹² Ver: Krugman, P. (1997 y 1993) para una discusión de lo que el autor llama “ventaja competitiva espúrea” y las falacias detrás del debate sobre competitividad basadas en mano de obra barata y recursos naturales.

¹³ Véase el conjunto de estudios de Galbraith (1999) y su equipo de la Universidad de Texas, Austin. Se aplica el índice de inequidad de Theil a la base de datos del UNIDO para salarios en la industria manufacturera de 78 países. Consistentemente, muestra los efectos negativos de la apertura en la distribución del ingreso en países exportadores de bienes primarios. Desafortunadamente las series no son del todo compatibles con las utilizadas en este artículo porque la industria manufacturera representa una fracción pequeña en el total de la PEA ecuatoriana.

en el corto plazo está dada por la mezcla de actividades que constituyen el PIB. Cambios en las variables macroeconómicas claves hacen variar el ritmo de crecimiento y el peso de cada industria en el desempeño global de la economía. Esos cambios redefinen el perfil de la demanda para cada segmento de capacidades.

Un proceso de devaluación real, por ejemplo, podría cambiar la estructura de los incentivos, favoreciendo a los sectores transables e incrementando, al mismo tiempo, la demanda por ciertos segmentos de la base de la distribución de destrezas y por algunos trabajos muy especializados involucrados en el cambio tecnológico relacionado con la globalización. Otros segmentos de destrezas medias o relacionados a la tecnología preexistente podrían afectarse por el efecto paralelo del desmantelamiento del esquema proteccionista, el estado intervencionista y la industrialización basada en la sustitución de importaciones que promovió su demanda.

El desempleo específico en cada categoría se halla parcialmente cubierto por un fenómeno de subempleo en un efecto "cascada": el exceso de oferta en niveles de destreza superiores desplazan la oferta de trabajo en los inferiores, debilitando las probabilidades de empleo y el poder de negociación de estos trabajadores. Este desplazamiento afecta no solo a los asalariados sino también a los trabajadores por cuenta propia, hasta que recién llegados entren a competir en nichos de mercado cada vez más estrechos.

El salario mínimo y la inflación no esperada son también variables relevantes en la explicación de los movimientos de la pobreza. Ambos son considerados para la formulación de contratos del sector formal e informal. Por consiguiente, los efectos capturados por la estimación expresarían el grado en que los diferentes agentes económicos, en el agregado, tratan de encontrar soluciones en un entorno cambiante, dadas las rigideces nominales en la economía.

Por supuesto, la evolución del PIB también afecta el nivel de inequidad. Sin embargo, si el efecto es directo en términos del número de puestos de trabajo, su traslación a los ingresos debe pasar por el filtro de un conjunto de condiciones distributivas. Los ingresos no relacionados con el trabajo serán aproximados a través de la tasa de interés real, aliviando el papel redistributivo de la deuda interna pública y privada.

4. Redes Neuronales

En vista de que la prioridad de la construcción del índice de pobreza radica en la bondad del ajuste de la estimación, los métodos de redes neuronales parecen ser la mejor opción, a pesar de que métodos de este tipo se han usado tradicionalmente

para ejercicios con muestras grandes. Hornik, Stinchcombe y White (1989) han mostrado que cierto tipo de redes neuronales puede ser considerado como aproximaciones parsimoniosas de funciones con altos grados de no linealidad, siendo una representación muy flexible de un amplio espectro de formas funcionales. Kingdon (1997) muestra que para cualquier conjunto de N observaciones en la muestra de “entrenamiento”, hay un perceptrón¹⁴ que, usando $N-1$ nodulos en un solo nivel y funciones sigmoides de activación¹⁵, puede mapear las relaciones con un grado de error arbitrariamente pequeño.

Más aún, Barron (1993) demuestra que mientras las expansiones polinomiales (como las series de Taylor o la aproximación logarítmico-lineal, por ejemplo), expansiones de árbol¹⁶ y trigonométricas (análisis espectral) requieren un número de parámetros que crece exponencialmente con la calidad del ajuste, el tipo de redes neuronales que se usarán aquí solo necesitan un crecimiento lineal de los mismos para lograr una misma calidad de ajuste.

Las redes neuronales y, en general, todos los enfoques de inteligencia artificial para estimación, enfatizan el conocimiento inductivo en lugar del deductivo, usado en los métodos econométricos tradicionales. Estos últimos, luego de asumir ciertos supuestos sobre la estructura estocástica de los datos y algunas formas funcionales sobre el proceso de generación de datos, interpretan el resultado de un proceso de optimización dentro del marco general de la teoría de la inferencia. La interpretación de procesos similares de optimización con redes neuronales es distinta debido a la falta de supuestos sobre la estructura de los datos. Sin embargo, para muestras grandes, hay procedimientos que exhiben propiedades asintóticas de los estimadores. No obstante, con solo 13 observaciones disponibles para este ejercicio, no es del caso entrar en ese tipo de detalles.

Básicamente, el principio de la estimación con las redes neuronales es la canalización de información a través de distintos estratos de nodulos de agregación, a fin de aproximar una variable dada. Estos nodulos de agregación filtran la información para “suscitar” o “inhibir” las conexiones de la red neuronal en la metáfora del funcionamiento cerebral. Para esto cada nódulo requiere de una función “compresora” que normalice los insumos con una transformación

¹⁴ En el léxico usado en la literatura especializada, perceptrón es un neologismo que describe al modelo básico de la red neuronal.

¹⁵ Las funciones de activación son las que convierten a la información insumida (variables independientes en el léxico de la econometría tradicional) en una señal filtrada cuya información es luego usada por el perceptrón en la estimación. Formas sigmoides constituyen una de las opciones para estas funciones de activación, otras pueden ser: arco-tangentes, de salto o escalón, gaussianas, etc.

¹⁶ *Spline expansions en inglés.*

monotónica decreciente y que los trace en un rango que, para los así llamados perceptrones de clasificación, será $[0,1]$. La función “compresora” puede ser cualquier función de distribución acumulativa, una función de escalón o en este caso, una sigmoide. El tipo de conexión con una sigmoide “compresora” se asemeja un sistema anidado de regresiones logísticas¹⁷.

Una red neuronal que se alimenta hacia adelante es un tipo específico de red que agrega los inputs con combinaciones lineales, aplica la “compresora” y en el estrato final, genera un resultado con una transformación lineal¹⁸ de los nódulos. Cada etapa define un conjunto de ponderaciones para las agregaciones que se resuelven a través del proceso iterativo de “entrenamiento” de los perceptrones con los datos originales. Para este propósito, es común el uso de técnicas de optimización con una función definida de pérdida cualquiera, incluyendo la familiar minimización del cuadrado de las diferencias entre los valores observados y las estimaciones.

Formalmente, el problema es minimizar la norma E:

$$(1) \quad E = E(y, \hat{y})$$

Por ejemplo, con la minimización del cuadrado de los errores:

$$(2) \quad Norma \equiv \sum_{j=1}^n (\gamma - \hat{y})^2$$

donde y es la variable a estimarse, y:

$$(3) \quad \hat{y} = \theta_0 + \sum_{k=1}^q \theta_k a_{ik}$$

donde θ 's son los coeficientes de la agregación lineal final y a_{ik} son los nódulos o unidades escondidas de la red, definidos como:

$$(4) \quad a_{ik} = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{j=1}^h w_{ij} x_{ij}}}$$

con w_{ij} como ponderaciones de la combinación lineal de cada uno de los h insumos x_{ij} .

¹⁷ En realidad, un perceptrón de un solo estrato con una sigmoide compresora colapsaría a una regresión logística con todo el marco interpretativo de la econometría tradicional. Para un breve nexo entre redes neuronales y econometría tradicional, ver Kennedy, P. (1998), capítulo 19.

¹⁸ En realidad una “affine transformation”, es decir incluyendo cambios en el intercepto y la pendiente.

5. Estimación

Para obtener un marco de referencia, se realizó, en una primera etapa, una estimación de OLS. La mejor regresión en niveles de la incidencia de la pobreza (13 observaciones) seleccionó como variables independientes: el nivel de precios (contemporáneo), salario mínimo y PIB; se obtuvieron los signos esperados, un R^2 ajustado de 0.53 y un R^2 de 0.74.

La mejor estimación en primeras diferencias de la incidencia de la pobreza (12 observaciones anuales y semi-anuales) utilizó como variables independientes los cambios en los precios, el salario mínimo y el PIB; se obtuvo un R^2 ajustado de 0.44 y un R^2 de 0.56. El rango de error con ambas estimaciones es más amplio que la banda que resultaría con el error de medición que puede ser inferido a partir de las correcciones a los análisis de datos, explicados anteriormente. La reconstrucción de la serie en niveles a partir de las tasas de cambio no es confiable en lo absoluto.

Luego de varios experimentos con redes neuronales, la mejor opción parece ser un perceptrón con dos estratos escondidos, cada uno con una sigmoide “compresora”. Tratando de evitar, en lo posible, un problema de sobre-ajuste, se trasformó las variables de tal manera que cada una posea la máxima información. Bajo el primer nódulo, que representa las claves “distributivas” de la estimación¹⁹, se presenta el cociente salario mínimo sobre tipo de cambio, la tasa de interés real y la inflación esperada. Bajo el segundo nódulo, relacionado con el nivel de actividad, se recogen los valores contemporáneos y rezagados del PIB. Todas las variables están en niveles y los valores iniciales fueron tomados de regresiones separadas de cada nódulo. Los valores finales se presentan en el cuadro 1.

Cuadro No. 1

Resultados de las redes neuronales

Variable	Ponderación	Nódulo
Salario/Tipo de cambio	-0.00085	Estrato oculto 1
Tasa de interés real	0.831705	Estrato oculto 1
Inflación no esperada	0.410875	Estrato oculto 1
PIB(t)	-0.104	Estrato oculto 2
PIB(t-1)	-0.03	Estrato oculto 2
PIB(t-2)	-0.01	Estrato oculto 2
PIB(t-3)	-0.005	Estrato oculto 2
Estrato oculto 1	0.97395	Perceptrón
Estrato oculto 2	1000000	Perceptrón
Pseudo R-cuadrado	0.998251	

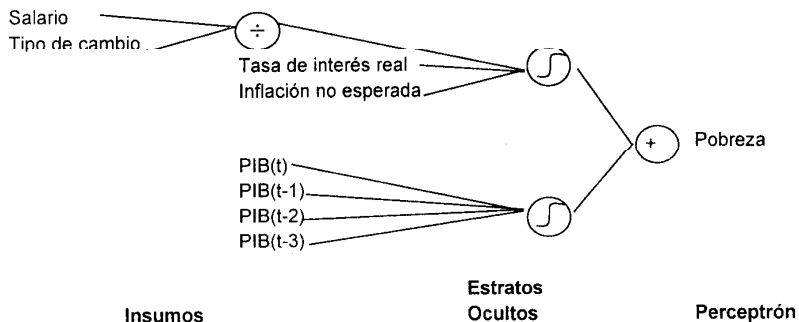
¹⁹ La distinción es solo analítica porque los precios relativos tienen una fuerte influencia en el desempeño económico.

La bondad del ajuste de la estimación es muy alta como puede verse en los gráficos siguientes y como lo sugiere el valor del pseudo R^2 .

El gráfico 1 ilustra la arquitectura de la red neuronal utilizada: los diversos insumos se combinan en dos estratos ocultos, cada cual con una función sigmoide "compresora" que luego son agregados a través de una función lineal para formar el perceptrón.

Gráfico No. 1

Arquitectura de la red neuronal para la estimación de la pobreza

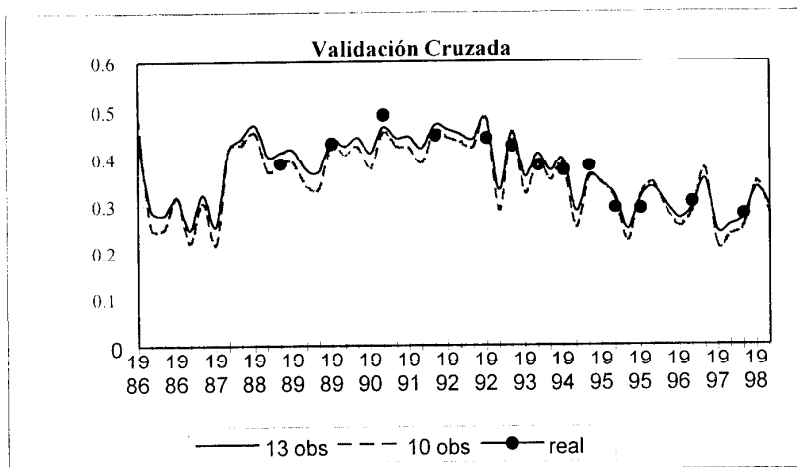


Dado el tamaño de la muestra, hay que explorar la posibilidad de sobre-ajustes. Una técnica convencional para detectar este problema es requiere ejercicios de validación cruzada. Así, eliminando el 30% de la muestra en distintos submuestreos del conjunto de prueba (es decir, dejando solo 10 observaciones cada vez), se puede predecir con mucho éxito los valores observados y validar las observaciones fuera de la muestra, como se observa en el gráfico siguiente con uno de los casos²⁰.

²⁰ Este ejercicio, específicamente, eliminó las dos últimas observaciones y la de noviembre de 1994. Se realizaron pruebas exhaustivas con distintas eliminaciones con similares resultados.

Gráfico No. 2

Predicciones de la red neuronal con un conjunto de prueba más pequeño

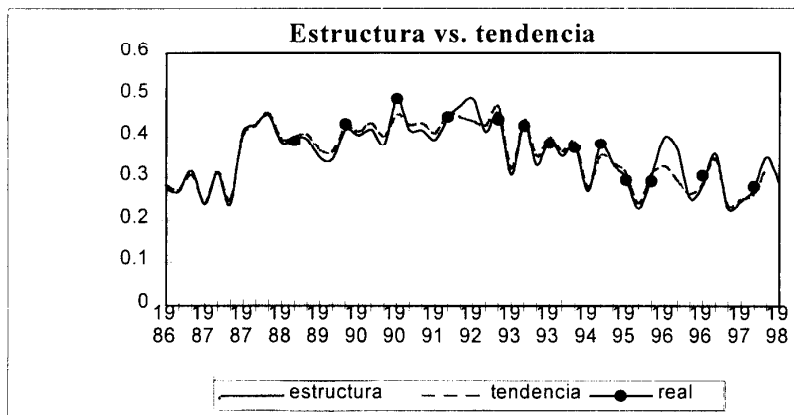


Nótese que los valores “reales” son los cómputos basados en las Encuestas Urbanas de Empleo, Subempleo y Desempleo fueron levantadas por el Instituto Nacional de Empleo, INEM entre 1988 - 1992, y, desde 1993 hasta la fecha, por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, INEC.

Otro test para identificar el sobre-ajuste fue remplazar el contenido del segundo módulo –que representa los efectos del nivel de actividad en la pobreza–. En lugar de una combinación de vectores autoregresivos, se utilizó una combinación relevante con varias ramas sectoriales del PIB. Los resultados son de nuevo robustos, como lo muestra el siguiente gráfico:

Gráfico No. 3

Proyecciones de la red neuronal con diferentes conjuntos de prueba



Un problema que aparece está relacionado con la volatilidad del índice. No se puede afirmar nada concreto sobre este tema excepto las grandes variaciones que muestran los cálculos de los estudios anteriores.

Las implicaciones de estos resultados son muy importantes: no solo el porcentaje de personas bajo la línea de pobreza, sino también el grado de incertidumbre provoca enormes costos sociales²¹.

6. Validación empírica de la estimación

En esta sección se contrasta someramente la evolución de las variables seleccionadas como explicativas de los cambios en la incidencia estimada de la pobreza en Ecuador.

Como hechos estilizados, para el período en estudio podríamos mencionar que la pobreza creció durante los años 80 hasta 1990-92 luego empezó a declinar de forma

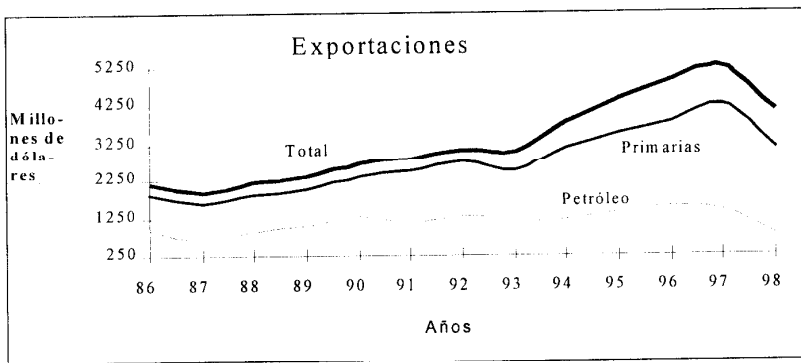
²¹ Ver Páez, P. (1999b) para una exploración de este problema.

gradual hasta 1997²². La cadena de relaciones explicada anteriormente, podría explicar estos hechos estilizados.

El período de estudio está lleno de reformas y cambios en la política, por tanto, se deben resaltar los principales efectos que podrían explicar la tendencia decreciente de la pobreza.

Gráfico No. 4

Evolución de las Exportaciones



Fuente: Banco Central del Ecuador (1999).

- El ritmo de devaluación creció de forma importante durante los años 80, más aún al final de la década, el nuevo auge de exportaciones de banano y los cambios en el flujo internacional de capitales contribuyeron conjuntamente con la depreciación real en el saldo de balanza comercial. A inicios de los noventa las reservas internacionales alcanzaron un récord histórico. Como lo muestra el gráfico 4, los frutos de una década de depreciación real del tipo de cambio comenzaron a aparecer con la expansión de las exportaciones entre 1993-94, que alcanzó, hacia 1997, un nivel de ventas que duplicó el de inicio de la

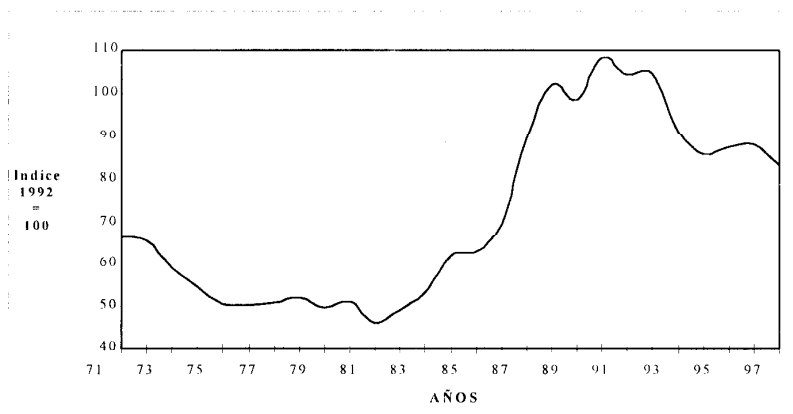
²² Varias investigaciones coinciden en este hecho general, pero cada autor presenta diferentes estimaciones explicaciones y metodologías. En algunos casos, incluso los mismos autores presentan distintas metodologías en varios artículos, lo que es un indicativo del nivel exploratorio del debate sobre este tema. Véase por ejemplo Larrea, C. (1997a, b, c), Jacome, L. et al. (1997), Leon, M. and R. Vos (1999), Banco Interamericano de Desarrollo (1998). Sin embargo, el debate sobre las magnitudes reales no está resuelto. Investigaciones futuras en el tema podrían proporcionar mejores resultados.

década²³. El gráfico evidencia en los años recientes, una mayor participación de otros productos primarios, a parte del petróleo, y una contribución creciente de las exportaciones no primarias. Una parte significativa de esta expansión incluye manufacturas exportadas dentro del área de la Comunidad Andina²⁴.

- Esta situación redujo las presiones para mayor devaluación y permitió implementar un nuevo programa de estabilización basado en el ancla nominal con tipo de cambio. El gráfico 5 muestra que el pico de la depreciación real coincide con el pico de la incidencia de la pobreza. Desde 1992, la nueva política económica estableció una nueva matriz de prioridades para las metas macroeconómicas y distintos costos asociados a los instrumentos de política. Esto, en sí, tuvo un tremendo impacto en la redefinición de la tendencia de la distribución entre destrezas e industrias.

Gráfico No. 5

Evolución del índice de tipo de cambio real Tipo de cambio real



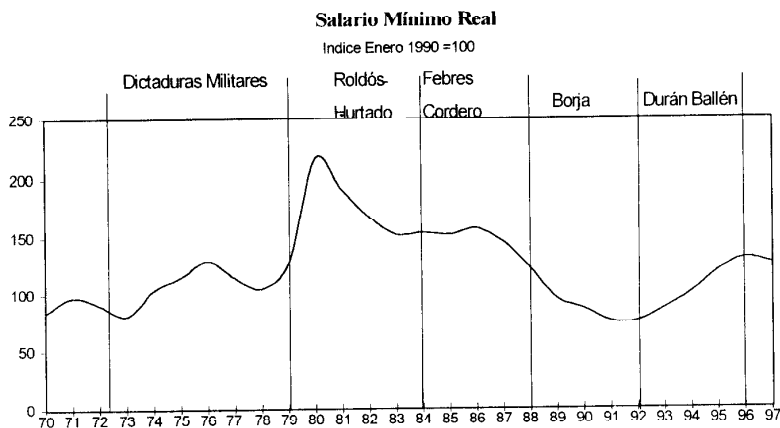
²³ Paradójicamente, la pendiente de la curva de exportaciones se vuelve mayor a medida que el tipo de cambio real pierde impulso. Este detalle es muy importante para entender el comportamiento de la economía como respuesta a la política cambiaria. También es importante considerar este hecho cuando se analiza el corto plazo con un modelo como este, contrariamente a las respuestas de largo plazo por parte del sistema.

²⁴ Este resultado no altera el panorama en el que los EE.UU. sigue siendo el principal socio comercial con una participación de cerca del 60%. Sin embargo, muestra las limitaciones del argumento de "dos sectores- dos factores" y la pertinencia de utilizar especificaciones más generales.

- El proceso inflacionario que alcanzó un récord de casi 100% a fines de 1988, comenzó a ceder, manteniéndose alrededor del 50% anual por el resto del período de la administración de Borja (1988-1992) y de 30% durante el próximo período presidencial (1992-1996) debido al relativo, aunque temporal, éxito del esquema de estabilización.
- Un conjunto de reformas legales en 1990 que liberaron parcialmente el mercado laboral en términos de sindicalismo podrían haber incrementado la importancia del salario mínimo vital en lugar de los contratos colectivos. Más tarde, en 1992, a raíz de los cambios institucionales, se pasó la decisión sobre el salario mínimo del Ejecutivo al Consejo Nacional de Salarios (CONADES). Este último incluye representantes de los sindicatos, lo que ha permitido una gradual y relativa recuperación del salario real, como se puede apreciar en el gráfico 6.

Gráfico No. 6

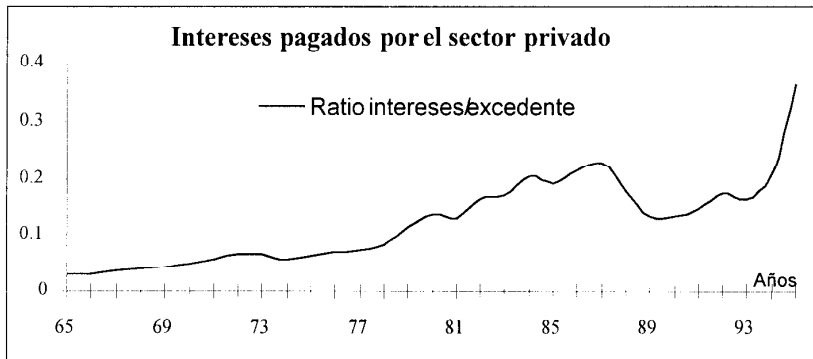
Evolución del índice de salario mínimo vital



- Finalmente, dentro de los factores más relevantes para contrastar nuestro modelo, el gráfico 7 muestra el grado de importancia que la evolución de los intereses ha tenido en términos redistributivos en las últimas décadas.

Gráfico No. 7

Evolución del índice de intereses sobre excedente bruto de explotación



Para tener una idea de la relación entre la interpolación generada por la estimación de la red neuronal y los cambios en la incidencia de la pobreza, se puede aproximar la contribución relativa de los factores más relevantes, ya mencionados. El cuadro 2 muestra la descomposición de los cambios en el índice de incidencia de la pobreza medido por la extrapolación con las redes neuronales. El procedimiento calcula derivadas numéricas simulando un cambio a la vez de cada variable.

Cuadro No. 2

Descomposición de los cambios en la pobreza

Años	Cambios de pobreza durante:			
	1990/1988		1997/1990	
Diferencia	0.1019	100.00%	-0.2114	100.00%
w/e	0.0153	15.05%	-0.1534	72.56%
rr	0.0344	33.75%	-0.0236	11.17%
dp	0.0018	1.73%	-0.0204	9.67%
PIB	0.0003	0.32%	0.0076	-3.58%
Otros	0.0501	49.16%	-0.0215	10.18%

Las variables son el ratio salario mínimo/tipo de cambio (w/e); la tasa de interés real (rr), la inflación esperada (dp); el efecto agregado de un vector autoregresivo representando el PIR y el residuo entre la predicción y el valor observado, que debería explicarse por otros factores no considerados en el modelo.

Como se puede observar, la diferencia entre el primer valor de la serie en 1988 (39%) y el pico en 1990 (49%) se explicaría solo en algo más de la mitad por el modelo de extrapolación. Entre las contribuciones explicativas, la más grande se debe al incremento de la tasa de interés real (un tercio del cambio) seguido por el salario real medido en dólares (15%).

La subsecuente reducción substancial en esta medida de la incidencia de la pobreza puede ser explicada hasta en un 90% por factores incluidos en la extrapolación. Entre las variables explicativas, aquella con la mayor contribución en la reducción de la pobreza es la mejora del salario real en relación al tipo de cambio (casi 73%). Le sigue en importancia los cambios en el nivel de tasa de interés real (11%) y el control relativo del proceso inflacionario (10%).

7. A manera de conclusión

A pesar de la complejidad intrínseca en la medición de la pobreza, su acometida teórica y aplicada, con todas las limitaciones del caso, es de suma importancia en la actual coyuntura del país. La estimación, basada en el uso de redes neuronales de reciente desarrollo en la literatura técnica, confirma las predicciones testeables del modelo teórico esbozado. Partiendo de hipótesis que se alejan de la rigidez de los paradigmas convencionales para capturar elementos específicos de nuestra realidad, dichas predicciones señalan que las políticas cambiaria, salarial y monetaria -en ese orden- tienen una influencia decisiva en las fluctuaciones del nivel de pobreza en el corto plazo. Particular interés tiene el efecto directo de la política salarial sobre los niveles de pobreza. En ese sentido, resulta crucial el que las políticas macroeconómicas incluyan desde su concepción, consideraciones acerca de las consecuencias sociales de su implementación, sin por ello desconocer el hecho de que una superación cualitativa del problema requiere de transformaciones estructurales.

Como aporte metodológico, este ejercicio muestra las interesantes posibilidades que brindan las redes neuronales para estimación y modelización, inclusive en casos como éste, cuando las dimensiones muestrales no son muy prometedoras. El significativo grado de ajuste de la estimación a las pocas observaciones disponibles y la robustez de los resultados a diversos tests de validación cruzada y variaciones en la especificación dan una particular confianza a los ejercicios de simulación que pueden desarrollarse. Modelos como éste podrían arrojar luces sobre la evolución de las condiciones sociales en circunstancias particulares ante la ausencia de datos primarios o para explorar los efectos de política a futuro o contrafactuales.

Bibliografía

- Atkinson, and J. Stiglitz 1980. Lectures in Public Economics. McGraw Hill. New York.
- Barron, A. R. 1993. Universal approximation bounds for superpositions of a sigmoidal function. IEEE Transactions on Information Theory 39: 930-45.
- Banco Central del Ecuador 1999a. Encuestas de Coyuntura de la Manufactura. Quito.
- Banco Central del Ecuador 1999b. Cuentas Nacionales Trimestrales. Quito.
- Cabrera, Y., J. Martinez and R. Morales, 1993. Medición de la Pobreza en las Areas Urbana y Rural del Ecuador. Instituto Nacional de Empleo (INEM)-UNICEF, Quito.
- DeGroot, M. 1986. Probability and Statistics. Addison-Wesley Publishing Co. 2nd. ed.
- Foster, J., J. Greer and E. Thorbecke 1984. A Class of Decomposable Poverty Measures. In *Econometrica* 52 (3), 761-766.
- Galbraith, J. K. 1998a. Created Unequal. The crisis in American pay. The Free Press. New York.
- Galbraith, J. K. 1998b. A Keynesian Theory of Income Distribution. UTIP Working Paper 2. University of Texas at Austin.
- Galbraith, J. K., L. Jiaqing and W. Darity 1999. Measuring the Evolution of Inequality in the Global Economy. UTIP Working Paper 7. University of Texas at Austin.
- Galbraith, J. K. and L. Jianqing. 1999. Inequality and Financial Crises: some early findings. UTIP working Paper 8. University of Texas at Austin.
- Galbraith, J. K. and V. Garza Cantu 1999. Grading the Performance of the Latin American Regimes 1970-1995. UTIP Working Paper 10. University of Texas at Austin.
- Galbraith, J. K. 1999b. A Keynesian Theory of Income Distribution. Mimeo. University of Texas at Austin.

- Ganuzo, E., L. Taylor and S. Morley 1998. Política Macroeconómica y Pobreza en América Latina y el Caribe. PNUD. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.
- Hamilton, J. 1994. Time Series Analysis. Princeton University Press. New Jersey.
- Hornik, K., M. Stinchcombe, and H. White. 1989. Multi-layer feedforward networks are universal approximators. *Neural Networks* 2: 359-66.
- Jácome L., C. Larrea and R. Vos 1997. Políticas Macroeconómicas, distribución y pobreza en el Ecuador, CORDES, Quito.
- Judd, K. L. 1998. Numerical Methods in Economics. The MIT Press, Cambridge MA.
- Kennedy, P. 1998. A Guide to Econometrics. 4th. ed. The MIT Press, Cambridge, MA.
- Kingdon, J. 1997. Intelligent Systems and Financial Forecasting. Springer-Verlag London Limited, UK.
- León, M. and R. Vos 1999. La Pobreza Urbana en el Ecuador 1988-1998. Mitos y Realidades. SIISE, Quito, ISS La Haya.
- León, P. and S. Marconi 1989. De los enfoques metodológicos hacia la evaluación de la Economía Subterránea, in Farrel, G. La Investigación Económica en el Ecuador. Corporación Editora Nacional. Quito.
- Moncada, J. 1995. Desigualdad y estructura productiva en el Ecuador. Corporación Editora Nacional, Quito.
- Morley, S. 1994. Poverty and Inequality in Latin America: Past Evidence, Future Prospects. Overseas Development Council. Washington D.C.
- Páez, P. 1995. Precios y cantidades: respuestas del aparato productivo ecuatoriano, en Cuestiones Económicas 24, Banco Central del Ecuador. Quito.
- Páez, P. 1999. An Optimal Control Framework for Alternative Economic Policies in Ecuador. PhD. Dissertation. University of Texas at Austin.
- Páez, P. 1999b. Etnicidad y pequeña producción y pobreza: algunas hipótesis a investigar. Ponencia preparada para el Seminario Internacional sobre Informalidad y Gestión en Centros Históricos FLACSO-Centro Histórico. Quito.

- Sargent, T., 1993. *Bounded Rationality in Macroeconomics*. Clarendon Press, Oxford, UK.
- Sen, A. K. 1973. *On Economic Inequality*. Clarendon Press. Oxford.
- Slesnick, D. 1993. *Gaining Ground: Poverty in the Postwar U.S.* in *Journal of Political Economy*, 1-38
- Slesnick, D. 1998. *Empirical Approaches to Welfare Measurement*. Mimeo. University of Texas at Austin.
- Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador-SIISE, versión 1.0, 1999.
- World Bank 1996. *Ecuador Poverty Report*. World Bank. Washington D.C.
- Yellen, J. L. 1984. *Efficiency Wage Models of Unemployment*, *American Economic Review. Papers and Proceedings* /4, 200-205.