



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN ECONOMÍA
FACULTAD DE ECONOMÍA
ECONOMÍA POLÍTICA

**Sistema de inteligencia artificial para la predicción
de indicadores de pobreza en México**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN ECONOMÍA**

**PRESENTA:
AMILCAR PARIS MANDOKI**

**Director de Tesis:
Mtro. Carlos Javier Cabrera Adame
Facultad de Economía**

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. febrero 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INDICE	3
INTRODUCCIÓN	6
1. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	8
1.1. REDES NEURONALES ARTIFICIALES	8
1.1.1. JUSTIFICACIÓN	8
1.1.2. ESTRUCTURA DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES	10
1.1.2.1. Redes neuronales de propagación hacia delante con aprendizaje supervisado	14
1.1.3. APLICACIONES DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES	19
1.1.3.1. Antecedente: Una red neuronal para la estimación de indicador económico en Venezuela	21
1.2. ALGORITMOS GENÉTICOS	23
1.3. APLICACIÓN DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y ALGORITMOS GENÉTICOS PARA LA PREDICCIÓN DE VALORES DE INDICADORES DE NIVELES DE POBREZA EN MÉXICO	25
1.3.1. APLICACIÓN DE LA RED NEURONAL ARTIFICIAL	25
1.3.2. APLICACIÓN DE ALGORITMO GENÉTICO	27
1.3.2.1. Determinación de la aptitud	28
1.3.2.2. Selección natural	28
1.3.2.3. Reproducción	29
1.3.2.4. Resultados	30
1.4. USO DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL SISTEMA INTELIGENTE DE PARA LA PREDICCIÓN DE INDICADORES ECONÓMICOS	30
1.4.1. FORMATO DE ARCHIVO DE DATOS	30
1.4.2. PANTALLA DE INICIO	31
1.4.3. SELECCIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y DE SALIDA	33
1.4.4. USO DE LA RED NEURONAL ARTIFICIAL	35
1.4.3. USO DEL ALGORITMO GENÉTICO	41
1.5. REDES NEURONALES Y ALGORITMOS GENÉTICOS PARA LA ECONOMÍA	47
2. POBREZA EN MÉXICO	49
2.1. METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE LA POBREZA	49

2.1.1. METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE POBREZA	50
2.1.1.1. Fundamentos Metodológicos	51
2.1.1.2. Determinación de líneas de pobreza	53
2.1.1.3. Cuantificación con base en las líneas de pobreza	57
2.1.1.4. Intensidad y desigualdad de la pobreza	58
2.1.1.5. Observaciones sobre la metodología de Líneas de pobreza	58
2.1.2. METODOLOGÍA MULTIDIMENSIONAL	60
2.1.2.1. Criterios metodológicos	62
2.1.2.2. Identificación de población según bienestar económico	63
2.1.2.3. Identificación de población con privaciones sociales	66
2.1.2.4. Combinación del ingreso y el índice de privación social	69
2.1.2.5. Incidencia, profundidad e intensidad de la pobreza multidimensional	71
2.1.2.6. Grado de cohesión social	72
2.1.2.7. Fuentes de información	73
2.1.3. OBSERVACIONES	73
2.2. POLÍTICA SOCIAL EN MÉXICO	77
2.2.1. RÉGIMEN CONSERVADOR DE PROTECCIÓN SOCIAL EN MÉXICO	79
2.2.2. TRANSICIÓN AL RÉGIMEN RESIDUAL Y FOCALISTA	81
2.2.3. PRONASOL	82
2.2.4. PROGRESA	83
2.2.5. OPORTUNIDADES	84
2.2.6. PROSPERA	86
2.2.6.1. Sistema Nacional Para la Cruzada Contra el Hambre	87
2.2.7. POLÍTICA SOCIAL Y POBREZA	91
3. APLICACIÓN Y RESULTADOS	93
3.1. ELECCIÓN DE DATOS	93
3.1.1. SELECCIÓN DE DATOS ACOTADA MEDIANTE MARCO TEÓRICO	93
3.1.2. SELECCIÓN DE DATOS SIN ACOTACIÓN DE MARCO TEÓRICO	95
3.2. PRE PROCESAMIENTO DE LOS DATOS	96
3.2.1. PRE PROCESAMIENTO POR FLUCTUACIONES	96
3.2.2. PRE PROCESAMIENTO POR MAGNITUD RELATIVA	97
3.2.3. ESTABLECIMIENTO DE VALORES DE COMPARACIÓN	97
3.3. EJECUCIÓN DEL SISTEMA	100

3.3.1. CONFIGURACIÓN DEL ALGORITMO GENÉTICO	100
3.3.2. RESULTADOS DE EJECUCIÓN DE ALGORITMO GENÉTICO	102
3.3.3. CONFIGURACIONES REDES NEURONALES	103
3.3.4. RESULTADOS DE EJECUCIÓN DE REDES NEURONALES (PREDICCIONES)	104
3.4 PESOS PREDICTIVOS DE DATOS PRESELECCIONADOS	106
3.4.1 ÍNDICE DE POBREZA ALIMENTARIA (MILLONES DE PERSONAS)	107
3.4.2 ÍNDICE DE POBREZA DE PATRIMONIO (MILLONES DE PERSONAS)	108
3.4.3 ÍNDICE DE POBREZA ALIMENTARIA (PORCENTAJE DE PERSONAS)	109
3.4.4 ÍNDICE DE POBREZA DE PATRIMONIO (PORCENTAJE DE PERSONAS)	110
3.5. SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL E INDICADORES DE POBREZA EN MÉXICO	111
4. CONCLUSIONES	114
4.1. SOBRE EL DISEÑO DE SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL ORIENTADOS A LA ECONOMÍA	114
4.2. MEDICIÓN DE LOS EFECTOS DE LA POLÍTICA SOCIAL Y DISTINTOS INDICADORES ECONÓMICOS SOBRE LOS INDICADORES DE POBREZA MEDIANTE EL SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL	119
4.2.1. EFECTOS DE LA POLÍTICA SOCIAL	123
4.2.2. EFECTOS DE LA INFLACIÓN	127
4.2.3. EFECTOS DEL TIPO DE CAMBIO E IMPORTACIONES	129
4.2.4. INGRESOS POR REMESAS FAMILIARES	131
4.3. CONSIDERACIONES FINALES	132
6. BIBLIOGRAFÍA	136
6.1. BIBLIOGRAFÍA CITADA	136
6.2. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	137
5. ANEXO: LISTA COMPLETA DE DATOS	142

INTRODUCCIÓN

Vivimos momentos de crisis y reflexión. La crisis económica mundial del 2008 ha llegado con una serie de replanteamientos sobre la disciplina económica que tenía entre sus labores el predecir y evitar este tipo de fenómenos. Las herramientas de las cuales esta disciplina dispone se vieron superadas por las circunstancias. Además, las herramientas del sistema económico y político mismo no logran disminuir de manera significativa la desigualdad y la pobreza. Es momento de voltear al horizonte para encontrar nuevas alternativas.

La presente tesis plantea una de estas alternativas; un sistema de inteligencia artificial para predecir el comportamiento de indicadores de pobreza en México, así como un análisis del sistema y de los resultados producidos por él.

Para elaborar el sistema fue importante elaborar una investigación en dos aspectos. En el aspecto material se estudia el fenómeno a analizar: la metodología de medición de la pobreza y las políticas sociales que esta metodología motiva y evalúa. En el aspecto formal se realizó un estudio claro del fundamento teórico y las posibles aplicaciones de dos tipos de sistemas de inteligencia artificial: las redes neuronales artificiales y los algoritmos genéticos.

Por esta razón esta tesis está dividida de la siguiente manera. En el primer capítulo se trabaja el aspecto técnico. Se explica lo que son las redes neuronales artificiales, así como los algoritmos genéticos. Se precisa teóricamente el fundamento matemático y lógico de ambas y se da una explicación de su utilidad en general y para la economía. También se describe en concreto el sistema, cómo es que implementa estas tecnologías y se provee un manual de usuario para quien quiera utilizar el sistema si busca predecir algún indicador.

El segundo capítulo está enfocado en el aspecto material; la pobreza. Este capítulo comienza un análisis de las metodologías de medición de la pobreza en México: líneas de pobreza y la metodología multidimensional. Después de ello procede con una descripción histórica de las políticas sociales en México, explica el desarrollo de estas políticas sociales y los cambios que tuvieron mientras fueron pasando los distintos sexenios presidenciales.

El tercer capítulo consiste en la documentación de la ejecución del sistema de inteligencia artificial para predecir el comportamiento de los indicadores de niveles de pobreza. Este capítulo explica las fuentes de información utilizadas, el pre procesamiento de los datos y el modo en el que se ejecutó. También se da un reporte de los resultados y la

información producida por el sistema así como una comparación entre los resultados del sistema y los datos de CONEVAL.

Finalmente, en las conclusiones, se realiza un análisis de la información producida por la ejecución del sistema a la luz del contexto teórico. Se hace una interpretación de los datos y una evaluación de la situación de pobreza en México así como de la política social diseñada para combatirla.

La esperanza es poder demostrar la capacidad que tiene la utilización de sistemas como estos para el análisis económico y social de la realidad y de este modo la posibilidad de realizar mediante ella verdaderos cambios en la situación social del país.

1. SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El presente capítulo tiene tres objetivos. El primer objetivo es justificar el porqué de intentar predecir el comportamiento de los indicadores de pobreza en México haciendo uso de un sistema de redes neuronales artificiales con algoritmos genéticos, para lo cual se recurre a bibliografía que explica las ventajas de las redes neuronales artificiales en general y que explica algunos usos que se le han dado a éstas en relación con la economía.

El segundo objetivo es realizar una explicación sobre las redes neuronales artificiales y los algoritmos genéticos, su funcionamiento y su utilidad. Explicar la fundamentación matemática y lógica así como el cómo se llega a producir predicciones mediante esto.

Finalmente, este capítulo hace una explicación de cómo utilizar el sistema a modo de manual de usuario. Se detalla el uso del sistema y de cada una de sus funciones.

1.1. REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Para comenzar este capítulo se partirá de una explicación sobre las redes neuronales artificiales y por qué se utilizará esta herramienta para resolver el problema de predicción de indicadores de niveles de pobreza en México. Se empezará con una descripción abstracta de lo que las redes neuronales artificiales pueden proveer para luego explicar cómo es que funcionan las redes neuronales para producir los resultados esperados.

1.1.1. JUSTIFICACIÓN

La ventaja de las redes neuronales artificiales puede verse, en primera instancia, mediante una comparación con modelos matemáticos en general. Swanson & White describen las redes neuronales artificiales como cajas negras que funcionan como modelos adaptativos de regresión no lineal.¹ Son cajas negras porque a pesar de que podamos entender cuáles son las funciones matemáticas que son ejecutadas por una red neuronal, la complejidad de estas funciones, y la determinación de las constantes que utilizan estas funciones, no nos permiten abstraer la verdadera relación entre las variables de entrada y las variables de

¹ Swanson & White (1997), p. 542.

salida. Funcionan como modelos para estimar, de modo adaptativo, relaciones entre variables dependientes con variables independientes haciendo uso de funciones no lineales. Como mencionan Swanson & White, las redes neuronales artificiales han recibido mucha atención como herramienta para pronosticar variables económicas por su flexibilidad, simplicidad y por qué han demostrado ser exitosas en una variedad de aplicaciones empíricas.² Afirman que esto se debe a la habilidad que tienen para aproximar funciones arbitrarias de variables cuando se les da un número suficiente de términos no lineales.³

La capacidad de aproximar funciones arbitrarias se debe a la estructura interna de las redes neuronales artificiales que permite que el modelo se adapte a los resultados esperados, a esto le llaman modelo dinámico adaptativo. Las redes ligan entre sí a las distintas variables de manera no lineal, y mediante un mecanismo de retropropagación⁴ buscan encontrar las relaciones numéricas entre éstas.

La ventaja que esto presenta frente a otros modelos es que las redes neuronales artificiales parten de los datos para crear el modelo en lugar de partir de un modelo tratando de verificar si los datos corresponden a éste. El modelo tiene datos de entrada y datos de salida y busca encontrar una relación matemática no lineal entre la entrada y la salida.

Otra ventaja de las redes neuronales artificiales es que ofrecen un poder explicativo. Una vez que la red neuronal ha ajustado sus conexiones para predecir el comportamiento de las variables, se puede analizar su estructura interna y encontrar la manera en la que relaciona los datos de entrada para predecir los resultados. La red neuronal le dará un peso a cada variable y a cada relación entre variables según los resultados esperados, el peso dado podrá vislumbrar la importancia que tienen esas variables respecto a aquello que se busca analizar.

Por estas razones parece buena idea hacer uso de las redes neuronales para intentar predecir los valores y las fluctuaciones de indicadores de niveles de pobreza en este país, así como para tratar de encontrar el efecto que tienen distintas variables económicas sobre éstos.

² *Ídem.*

³ *Ídem.*

⁴ Este es el mecanismo de aprendizaje de las redes neuronales, el cual se explicará más adelante.

1.1.2. ESTRUCTURA DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Las redes neuronales artificiales pueden verse de distintas maneras. Kröse las caracteriza como modelos computacionales con la habilidad de adaptarse o aprender; de generalizar, juntar u organizar datos; y cuya operación se basa en procesamiento paralelo.⁵ Herbrich *et al.* las describen como una metáfora para un agente que aprende dependencias de su ambiente y de ahí infiere estrategias de comportamiento basándose en un número limitado de observaciones.⁶ Mientras que Rojas las describe como un intento de modelar las capacidades de procesamiento de los sistemas nerviosos.⁷

El sistema nervioso es la parte de los animales que coordina sus acciones transmitiendo señales a través del cuerpo. Éste consta de millones de neuronas interconectadas, cada una recibiendo y mandando señales electroquímicas. Cada neurona se activa mandando señales a otras neuronas, dependiendo de su organización interna y del modo en el que se conectan entre sí, las neuronas que reciben señales se activarán o no y mandarán señales a las neuronas con las cuales están conectadas. Rojas afirma que la interconexión masiva y jerárquica del cerebro es una condición fundamental para la emergencia de la conciencia y el comportamiento complejo. Afirma también que la mayor diferencia de las redes neuronales biológicas frente a los sistemas computacionales convencionales es el paralelismo y redundancia masivos que las redes neuronales explotan para lidiar con la poca fiabilidad de la unidad computacional individual (la neurona). Además menciona que las redes neuronales biológicas son sistemas auto-organizados y que cada neurona individual es también una estructura auto organizada capaz de procesar información de distintas maneras.⁸

Con base en las capacidades de procesamiento de información que tienen estas redes neuronales biológicas, se concibieron las redes neuronales artificiales. Estas redes artificiales son sistemas cuya estructura está predeterminada sólo de manera parcial, ajustando el resto de la estructura mediante un mecanismo de aprendizaje.⁹ De este modo se

⁵ Kröse (1996), p.13.

⁶ Herbrich *et al.* (1999), p. 169.

⁷ Rojas (1996), p.3.

⁸ *Ídem.*

⁹ *Ibid.*, pp. 4-5.

diferencian de modelos computacionales tradicionales, los cuales tienen una estructura que está totalmente determinada a priori por el programador.

Cada red neuronal artificial consta de neuronas artificiales interconectadas, cuya estructura se basa en aquella de una neurona biológica genérica (genérica porque es la estructura que comparten los distintos tipos de neuronas en el cerebro). Una neurona biológica está compuesta por dendritas, cuerpo celular y un axón. Las dendritas son los canales de transmisión para información de entrada, reciben las señales en las regiones de contacto con otras células, las sinapsis. El cuerpo de la célula provee la energía necesaria para el funcionamiento de la neurona. Las salidas son transmitidas por el axón, del cual cada célula tiene a lo mucho uno. Las neuronas artificiales simulan cada parte con canales de entrada, un cuerpo celular, y un canal de salida mientras que las sinapsis se simularán mediante puntos de contacto entre el cuerpo celular y las conexiones de entrada o de salida, y un peso que se asocia con estos puntos.¹⁰

En las redes neuronales biológicas las sinapsis determinan una dirección para la transmisión de información, las señales fluyen de una célula a la otra de un modo bien definido. En las redes neuronales artificiales se expresa este funcionamiento mediante el uso de elementos computacionales (neuronas abstractas) en un grafo dirigido.¹¹ Una neurona abstracta consta de n canales de entrada, que representan cada variable independiente del modelo, un peso para cada canal de entrada, una función primitiva y un canal de salida. Cada canal de entrada i tiene la capacidad de transmitir un valor real x_i , el valor de la variable. La función primitiva f se selecciona dependiendo del rango de

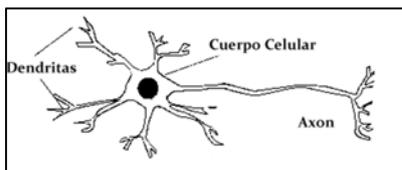


Imagen 1: Estructura de neurona biológica

resultados que se busca. Usualmente los canales de entrada tienen un peso asociado, lo que quiere decir que la información de entrada x_i se multiplica por el peso correspondiente w_i . La información transmitida es integrada en la neurona, usualmente sumando las distintas señales, y la función primitiva es evaluada.¹²

¹⁰ *Ibid.*, pp. 9-11.

¹¹ *Ibid.*, pp. 18-19.

¹² *Ibid.*, p. 23.

Rojas afirma que si se concibe cada nodo en una red neuronal artificial como una función primitiva capaz de transformar sus entradas en una salida precisamente definida, entonces las redes neuronales artificiales no son más que redes de funciones primitivas.¹³

Las neuronas abstractas se unen y se convierten en redes neuronales artificiales. Según Kröse, estas redes constan de:¹⁴

- Una serie de unidades de procesamiento (nodos)
- Un estado de activación por cada unidad, equivalente a la salida de esa unidad
- Conexiones entre unidades definidas por un peso que determina el efecto que la señal de una unidad tiene sobre la otra unidad
- Una regla de propagación, la cual determina la entrada efectiva de una unidad a partir de sus entradas externas
- Una función de activación que determina el nuevo nivel de activación en base a la entrada efectiva y la activación actual
- Una entrada externa para cada unidad
- Un método para recolectar información, o regla de aprendizaje
- Un ambiente en el que el sistema debe operar, que provea señales de entrada y señales de error.¹⁵

La función de cada nodo es recibir entradas de los nodos aledaños o de fuentes externas y utilizar esto para calcular una señal de salida que se propaga a otros nodos. Existen 3 tipos de nodos; nodos de entrada, que reciben datos de fuera de la red neuronal, nodos de salida, que mandan datos fuera de la red neuronal, y nodos ocultos, cuyas señales de entrada y salida existen sólo dentro de la red neuronal. Todos los nodos tienen la estructura de red abstracta descrita anteriormente.¹⁶

La manera en la que estos nodos están conectados entre sí determina su topología. La división estándar que expone Kröse distingue entre redes de propagación hacia delante y redes recurrentes. En las primeras, el flujo de datos de entrada a salida es estrictamente unidireccional, el procesamiento de datos se extiende mediante múltiples capas de nodos,

¹³ *Ídem.*

¹⁴ Kröse *óp. cit.*, p. 15.

¹⁵ *Ídem.*

¹⁶ *Ibid.*, p. 16.

pero no hay conexiones de retroalimentación, esto es, las salidas de los nodos no funcionan como entradas de nodos de las mismas capas o de capas anteriores (esto es capas más cercanas a los nodos de entrada). Mientras que en las redes recurrentes sí se presentan conexiones de retroalimentación, las salidas de los nodos pueden funcionar como entradas para nodos de la misma capa o de capas anteriores.¹⁷

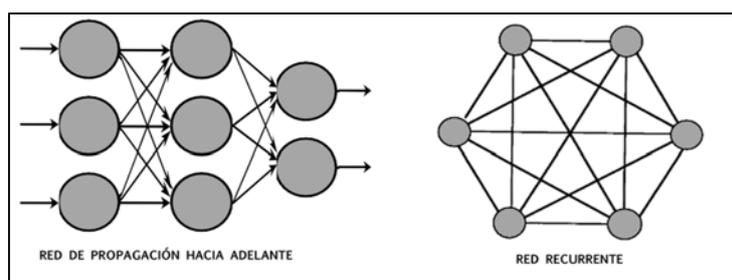


Imagen II: Estructuras de redes neuronales artificiales

Kröse afirma que hay dos características que afectan el desempeño de una red neuronal; el poder representacional de la red y el algoritmo de aprendizaje. El

poder representacional de una red

neuronal se refiere a la habilidad de una red neuronal para representar una función deseada. Esta función deseada sólo será aproximada ya que una red neuronal está constituida a partir de una serie de funciones primitivas.¹⁸ En otras palabras, se aproxima el comportamiento de la función deseada mediante un conjunto de funciones primitivas. La ventaja de ello es que no es necesario conocer la función deseada, es posible que ni si quiera exista, pero si se conoce su funcionamiento se puede aproximar mediante las funciones primitivas.

El algoritmo de aprendizaje es el método mediante el cual se determinan los pesos de las conexiones entre los nodos. Este método puede ser supervisado o no supervisado. El aprendizaje supervisado consiste en proveer a la red neuronal con valores para las variables de entrada y los valores correspondientes para las variables de salida, el algoritmo entonces determina los pesos que tienen que tener las conexiones entre los nodos de tal modo que cuando la red reciba los valores de entrada produzca los valores de salida esperados. El aprendizaje no supervisado consiste en agrupar los distintos valores de entrada posible en una serie de categorías cuyas características no están determinadas *a priori*.¹⁹ En otras palabras, se determina la cantidad de categorías y la red neuronal separará los conjuntos de valores posibles en grupos según similitudes.

¹⁷ *Ibid.*, p. 17.

¹⁸ *Ibid.*, p. 20.

¹⁹ *Ibid.*, p. 18.

Como se muestra, existe una diversidad de modos para estructurar una red neuronal artificial y cada una a su vez tiene sus especificidades. Para el problema en cuestión, que es aproximar una función no lineal, la implementación de redes neuronales apropiada es una red neuronal de propagación hacia delante con aprendizaje supervisado por medio de un mecanismo de retropropagación. Vale la pena enfocarnos en sus características.

1.1.2.1. REDES NEURONALES DE PROPAGACIÓN HACIA DELANTE CON APRENDIZAJE SUPERVISADO

Este tipo de redes neuronales artificiales tienen una serie de características que determinan su arquitectura específica: el número de capas, el número de neuronas en cada capa, el tipo de neuronas y el mecanismo de aprendizaje. A continuación se describirá cada uno de estos elementos.

El número de capas de una red neuronal artificial determina la complejidad de la función que se quiere aproximar. El número mínimo de capas para una red neuronal artificial de propagación hacia delante es 2; una capa de

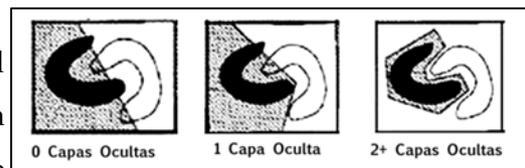


Imagen III: Complejidad de funciones de redes neuronales por número de capas

entrada, con nodos que recibirán los datos de entrada (las variables independientes), y una capa de salida, con nodos que producirán los datos de salida (las variables dependientes). Dependiendo de la complejidad de la función, una red neuronal artificial de propagación hacia delante puede tener 0 o más capas intermedias o capas ocultas. Como describe Heaton, cuando la función a representar es una función linealmente separable, no es necesaria una capa oculta. Cuando la función a representar relaciona de manera continua, pero no linealmente separable, un espacio finito con otro, es necesaria una capa oculta. Mientras que para representar una relación de un límite de decisiones arbitrario con funciones racionales, son necesarias 2 o más capas ocultas.²⁰

²⁰ Heaton (2008), p. 158.

Por otro lado el número de nodos en cada capa depende de qué tipo de capa y de la

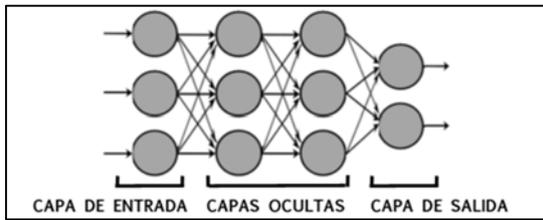


Imagen IV: Capas de red neuronal de propagación hacia adelante

función que se busca aproximar. El número de nodos en la capa de entrada y de salida depende del número de variables dependientes e independientes que la función va a aproximar. A cada variable independiente corresponde un nodo en la capa de entrada, y a

cada variable dependiente corresponde un nodo en la capa de salida. Para el número de nodos de la capa oculta Heaton determina unas reglas:²¹

- El número de nodos ocultos debe encontrarse entre la cantidad de nodos de entrada y la cantidad de nodos de salida.
- El número de nodos ocultos debe ser $2/3$ del número de los nodos de entrada, más el número de nodos de salida.
- El número de nodos ocultos debe ser menos de dos veces la cantidad de los nodos de entrada.

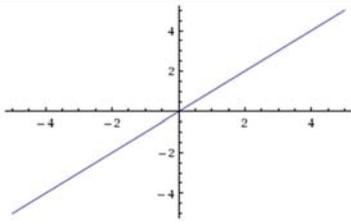
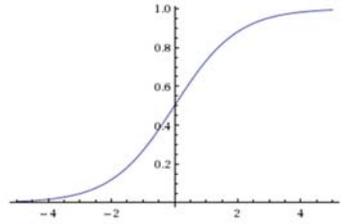
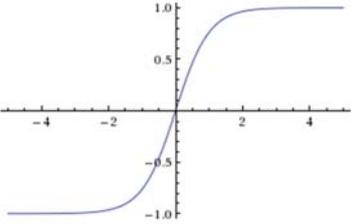
En las redes neuronales de propagación hacia adelante con entrenamiento supervisado hay 3 tipos posibles de nodos que se distinguen según la función umbral que aplican; nodos lineales, nodos sigmoideos y nodos hiperbólicos tangenciales. Los nodos lineales carecen de una función umbral, el valor de salida es el resultado de la suma de todos los valores de entrada de la red. Heaton no recomienda el uso de estos nodos ya que con ellos no se puede usar el mecanismo de retropropagación.²² Los nodos sigmoideos usan la función sigmoidea $f(x)=1/(1+e^{(-x)})$ la cual acota los resultados a un rango entre 0 y 1. Esta función se suele usar para redes cuyo resultado buscado representa una probabilidad. Los nodos tangenciales hiperbólicos usan la función tangente hiperbólica sobre la suma de los datos recibidos de las conexiones para producir su resultado. Esta función tiene un rango de -1 a 1 por lo que suele ser usada para redes neuronales que requieren valores tanto positivos como negativos.²³

²¹ *Ibid.*, p. 159.

²² *Ibid.*, p. 403.

²³ *Ibid.*, pp. 150-157

Tabla 1: Tipos de nodo por función matemática

Tipo de nodo	Función	Gráfica
Lineal	$f(x) = x$	
Sigmoidea	$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$	
Tangencial hiperbólica	$f(x) = \frac{e^{2x} - 1}{e^{2x} + 1}$	

Una vez que la estructura interna está determinada se puede producir el resultado que genera una red neuronal artificial dada. La manera de hacer esto es produciendo el resultado de cada nodo a partir de los valores que recibe de las conexiones. Los nodos de entrada tienen una conexión con peso 1, esto es, reciben el dato de entrada como única entrada y lo transforman mediante su función de activación. El resultado de esta transformación es mandado a cada nodo de la primera capa oculta, la cual lo recibe transformado por el peso de la conexión entre los dos nodos. Cada nodo oculto suma el valor que recibe de las conexiones de los nodos de las capas anteriores, lo transforma con su función de activación y lo manda a todos los nodos de la siguiente capa. Este proceso es expresado en la siguiente fórmula:

$$x_j = \delta \left(\sum_{k \in K} w_{kj} x_k \right)$$

Donde δ es la función de activación, K es el conjunto de los nodos de la capa anterior, w es el peso de cada conexión entre el nodo k y el nodo j , y x_k es la salida producida por el nodo de la capa anterior K según el siguiente diagrama:

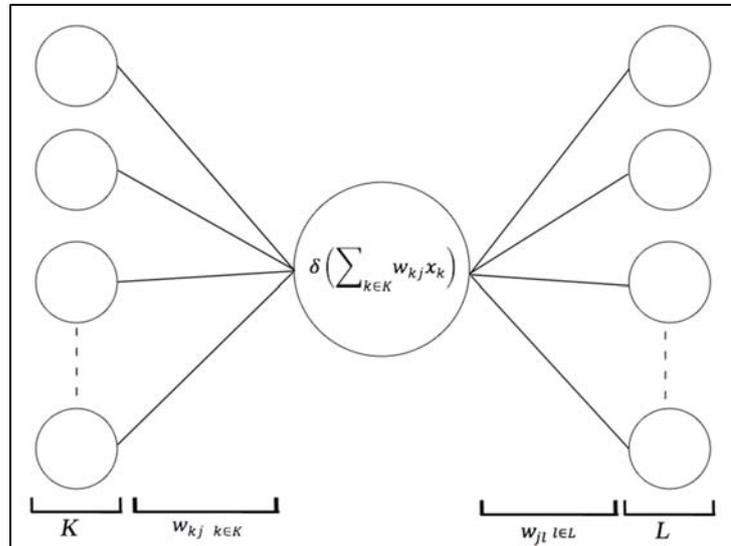


Imagen V: Relaciones entre capas de redes neuronales según la función matemática

Los nodos de la capa de salida reciben los resultados de todos los nodos de la última capa oculta multiplicados por los pesos de cada conexión, los suman, lo procesan en su función de activación y producen el resultado de salida.

Como se puede ver, el peso que tenga cada conexión entre los nodos determina la salida de la red neuronal. Es la modificación de estos pesos lo que le da su capacidad predictiva a las redes neuronales artificiales, y en redes de propagación hacia delante con entrenamiento supervisado se hace mediante el algoritmo de retropropagación.

El algoritmo de retropropagación funciona de una manera relativamente sencilla. El proceso es similar al de propagación hacia delante, sin embargo, como lo indica el nombre, se hace en orden inverso. Además se utiliza la derivada de la función de activación y el resultado producido es el cambio en el peso de cada conexión de tal modo que se acerque cada vez más al valor esperado.

Cuando se crea una red neuronal nueva, los pesos de las conexiones entre cada nodo se fijan de manera aleatoria. Luego la red pasa por una serie de ciclos de entrenamiento, cada uno de los cuales implica los siguientes pasos:

1. Ingresar los datos de entrada en la red neuronal

2. Ejecutar el proceso de propagación hacia delante y producir un resultado.
3. Calcular el error comparando el resultado con los datos de salida esperados
4. Si el error es mayor al deseado, ejecutar el mecanismo de retropropagación empezando por las neuronas de salida hasta llegar a las neuronas de entrada e iniciar el siguiente ciclo.
5. Si el error es igual o menor al deseado o si el número de ciclo es mayor un numero especificado, terminar el proceso de entrenamiento.

Una vez que se ejecuta el proceso de propagación hacia delante se calcula el error de cada nodo. Este se calcula con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{1}{2} (\text{valor esperado} - \text{valor obtenido})^2$$

El error indica la diferencia entre lo que la red ha producido como resultado y el resultado que se esperaba en el patrón de entrenamiento. Con este error se puede calcular el cambio en el peso de cada conexión mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta w_{ij} = -\alpha \frac{\partial E}{\partial w_{ij}} + \mu w_{ij}$$

Donde Δw_{ij} es la diferencia entre el peso real y el nuevo peso para la conexión entre el nodo i y el nodo j , α es la tasa de entrenamiento, μ es la inercia²⁴, w_{ij} es el peso actual de la conexión y $\frac{\partial E}{\partial w_{ij}}$ es la derivada parcial de la función del error para el nodo j con respecto al peso de la conexión entre el nodo i y el nodo j . Esta derivada se obtiene con la siguiente fórmula:

$$\frac{\partial E}{\partial w_{ij}} = \delta_j x_i$$

Donde x_i es la entrada que recibe el nodo i y:

$$\delta_j = \begin{cases} (o_j - t_j) \delta \left(\sum_{k \in K} w_{kj} x_k \right) \left(1 - \delta \left(\sum_{k \in K} w_{kj} x_k \right) \right) & \text{si } j \text{ es neurona de salida} \\ \left(\sum_{l \in L} \delta_l w_{jl} \right) \delta \left(\sum_{k \in K} w_{kj} x_k \right) \left(1 - \delta \left(\sum_{k \in K} w_{kj} x_k \right) \right) & \text{si } j \text{ es neurona oculta} \end{cases}$$

Donde:

- o_j es el valor obtenido del nodo j

²⁴ Tanto la tasa de entrenamiento como la inercia son determinadas por el usuario, dependen del problema a resolver y suelen ajustarse por medio de prueba y error.

- t_j es el valor esperado para el nodo j
- $\delta(\)$ es la función de activación del nodo actual
- K es el conjunto de nodos de la capa anterior
- L es el conjunto de nodos de la capa siguiente
- w es el peso actual de la conexión entre los nodos correspondiendo al subíndice.
- x es la salida del nodo k de la capa anterior K
- δ_l es el resultado obtenido de la ejecución para el nodo l de la capa siguiente (ya que el algoritmo de retropropagación se hace en orden inverso empezando por la última capa que es la capa de salida)

Una vez que se obtiene Δw_{ij} para cada conexión, se ajusta el peso de cada una y se continúa con el ciclo de entrenamiento. Cuando suficientes ciclos de entrenamiento se hayan ejecutado la red neuronal se considera entrenada y está lista para recibir datos nuevos. Por lo general, de una lista de datos, se utiliza la mayoría para entrenar a la red neuronal en situaciones distintas y una parte para probar si el entrenamiento ha funcionado.

De este modo es como una red neuronal artificial aproxima una relación no lineal entre variables independientes y variables dependientes. Este proceso es un proceso iterativo que suele requerir cientos o miles de ciclos y suele ser muy intensivo en el uso de poder de procesamiento.

1.1.3. APLICACIONES DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES

Consideremos ahora la aplicación de las redes neuronales artificiales. Bishop afirma que el reconocimiento de patrones, para lo cual se pueden aplicar redes neuronales artificiales, abarca un rango amplio de problemas de procesamiento de información, desde reconocimiento de lenguaje hablado y la clasificación de letras escritas a mano, a detección de fallas en maquinarias y diagnóstico médico.²⁵ Estos son problemas que para muchos

²⁵ Bishop (1995), p. 1.

seres humanos requiere poco esfuerzo mientras que mediante el uso de computadoras, por medios tradicionales, presenta enormes dificultades.

En el caso de la aplicación a la economía Herbrich *et al.* distinguen tres principales. La primera es la clasificación de agentes económicos, clientes o firmas. La segunda, es la predicción de series de tiempo. Mientras que la tercera es la modelación de agentes económicos racionales.²⁶

Las redes neuronales se pueden usar como alternativa a métodos como análisis discriminante o regresiones lógicas en cuanto a la clasificación de datos. La ventaja de las redes neuronales sobre estos otros métodos es que pueden clasificar datos que no son separables linealmente. Afirman que las redes neuronales tienen el potencial para ser usadas como herramientas predictivas cuya fuerza resalta en la predicción de series de tiempo no lineales.²⁷

Afirman que la mayoría de los artículos que usan las redes neuronales en economía para clasificación se encuentran en el área de predicción de bancarrota de agentes económicos, en especial en bancos. Esto se utilizó mucho en la primera mitad de la década de 1990 en la que hubo un aumento significativo de bancarrotas en E.U. (y en México también). Las aplicaciones se basan en usar tasas financieras calculadas a partir del balance de las empresas como entradas para que la red neuronal obtenga como salida un estimado para la probabilidad de que la empresa entre en banca rota. Los trabajos citados por los autores utilizan redes neuronales MLP's de 2 capas, y reportan una mejora en cuanto a la clasificación en comparación al análisis discriminante (las redes neuronales tuvieron una precisión de 70-80% mientras que el método tradicional sólo 60%).²⁸

Otras aplicaciones han sido para compañías de seguros, para la clasificación crediticia de clientes de bancos, para evaluar propiedades residenciales, para predecir la probabilidad de cuentahabientes de tarjetas de crédito de que no tengan liquidez. Se han hecho integraciones de redes neuronales y sistemas expertos para que recomendar acciones que prevengan bancarrota. En general parece ser que las redes neuronales funcionan

²⁶ Herbrich *óp. cit.*, p.178.

²⁷ *Ibid.*, p. 180.

²⁸ *Ibid.*, p.179.

adecuadamente cuando se aplican a problemas de clasificación económica y frecuentemente parecen ser superiores a métodos clásicos.²⁹

Herbrisch *et al.* afirman que la mayoría de la aplicación de las redes neuronales se encuentra en la predicción de series de tiempo en mercados de capital. Usualmente, los modelos lineales de series de tiempo financieras tienen un desempeño pobre. Ya que las redes neuronales son formas funcionales flexibles que permiten aproximaciones a funciones continuas, y por lo tanto también no lineales, se puede esperar que provean modelos no lineales efectivos para series de tiempo financieras y permitir mejores predicciones.³⁰

En la aplicación para modelar procesos de aprendizaje de agentes racionales adaptativos artificiales, los nodos son interpretados como agentes que actualizan la percepción del ambiente de acuerdo a la información que reciben. Las decisiones, que son el nodo de salida, ejercen una influencia en el ambiente, el cual puede retroalimentar al agente. Una de las ventajas es la posibilidad de interpolar entre ejemplos aprendidos e introducir un grado de incertidumbre a sus respuestas. Se han usado redes neuronales para modelar la aparición de instituciones económicas nuevas, modelando la retroalimentación entre éstas y un ambiente de aprendizaje. También para modelar el comportamiento de consumo de individuos cuyas expectativas sobre el comportamiento del grupo jugaban un rol crucial en los resultados individuales y agregados.³¹

1.1.3.1. ANTECEDENTE: UNA RED NEURONAL PARA LA ESTIMACIÓN DE INDICADOR ECONÓMICO EN VENEZUELA

Uno de los casos más interesantes en el uso de sistemas de redes neuronales artificiales en la economía es el reportado en el artículo de Constanzo *et al.* El objetivo del sistema es la predicción de un indicador que publica el Banco Central de Venezuela llamado Índice General de Actividad Económica Mensual (IGAEM).³² El IGAEM es un índice construido a partir de la suma ponderada de diversos indicadores de las actividades económicas que conforman el PIB como lo son la actividad petrolera, la minería, el sector energético, el

²⁹ *Ídem.*

³⁰ *Ibid.*, p. 180.

³¹ *Ibid.*, p.181.

³² Este indicador es equivalente al IGAE que se produce por el INEGI para la actividad económica de México.

sector hidráulico, construcción, comercio instituciones financieras, bienes raíces, derechos de importación y servicios profesionales, sociales y comunales.³³ Este indicador mensual suele utilizarse para estimar la dirección en la que cada año se moverá el PIB de Venezuela.

El sistema creado para predecir el IGAEM consta de ocho redes neuronales, cada una de las cuales tratan de predecir el indicador usando distintos datos de entrada, y una “Red Maestra” que utiliza los datos de salida de las otras ocho redes como datos de entrada.

Los datos disponibles constituyen el periodo de 13 años durante los cuales el IGAEM estuvo disponible. Los datos de entrada son: consumo de energía en giga watts hora, el Índice Bursátil de Caracas (IBC), la tasa de préstamos, la producción de petróleo, el índice de precios al consumidor, el S&P500, el precio del oro, el precio del cobre, la tasa de cambio del dólar en Europa, el CRB (índice de bienes generado por el *Commodities Research Bureau*) y el Dow Jones. Estos datos son pre procesados para “suavizar” sus fluctuaciones lo que disminuye el efecto de las imperfecciones de los datos y mejora el proceso de aprendizaje de las redes.³⁴

Otra cuestión importante es la detección de retraso óptimo. Con un programa evaluaron cuál sería el retraso óptimo de los datos. En otras palabras; evaluaron para cada tipo de datos de entrada cuál es el retraso mensual óptimo para ayudar a predecir las fluctuaciones del IGAEM. Por ejemplo, la efectividad del índice de precios al consumidor para predecir las fluctuaciones del IGAEM era mayor con 9 meses atrás, es decir, el índice de precios al consumidor en enero daba la mejor información para predecir el IGAEM en octubre.³⁵

Para determinar la arquitectura óptima se utilizó un algoritmo propietario para determinar el número de capas ocultas y el número de nodos por capa. Aparentemente hacen uso de un algoritmo genético para determinar cada arquitectura. Y la cualidad que determina es una combinación entre eficiencia y consistencia. La eficiencia califica la predictibilidad de una red neuronal como si lo que estuviera prediciendo fueran acciones y mide lo que se ganaría si se compraran estas “acciones” antes de que la red predijera un alza y si se vendieran antes de que la red predijera una baja. La consistencia mide que tan

³³ Constanzo *et al.* (2007), pp. 3-4.

³⁴ *Ibid.*, p. 11.

³⁵ *Ibid.*, pp. 13-14

frecuentemente predice en la direccionalidad del movimiento (a la alza o a la baja del índice).³⁶

El artículo no especifica la arquitectura de cada red neuronal, pero especifica las entradas de datos de cada una. De las 8 redes neuronales, 6 tenían entre 10 y 14 datos de entrada y 2 tenían 2 (con los mismos datos de entrada, lo que probablemente significa que tenían distinta arquitectura).

De los datos disponibles se utilizaron 66% para entrenar a las redes y el resto para probar la efectividad, esto es, para determinar qué tan efectivamente predecía el comportamiento del IGAEM. La red maestra tuvo una tasa de predicción mayor al 70% lo que, según los autores, sugiere la existencia de patrones con carácter cíclico. Uno de los datos de entrada hacía uso de descomposición de Fourier lo que le permitió hacer predicciones a cerca de la caída del IGAEM ocasionada por una huelga de finales del 2002.³⁷

Algo interesante es que afirman que estas redes neuronales podrían ser utilizadas para determinar la importancia relativa de los datos de entrada en la predicción de una economía. Esto podría implicar que se podría determinar que tanto afecta cada factor a una economía dada.

1.2. ALGORITMOS GENÉTICOS

Arriba se trata el cómo es que las redes neuronales resuelven el problema de relacionar las variables independientes con las variables dependientes aproximando funciones no lineales. Pero antes de hacer esto es necesario resolver el problema de elegir cuáles son las variables independientes. En la disciplina económica esto suele ser dejado a criterio del creador del modelo quien suele hacer uso de una teoría específica para resolverlo. La consecuencia de esto es un modelo vulnerable a una tendencia ideológica. Una manera de disminuir la carga ideológica sobre el modelo es haciendo uso de un algoritmo que elija las variables óptimas para predecir el comportamiento de la variable en cuestión. Mientras que las redes neuronales artificiales suelen ser buenos sistemas para aproximar funciones y predecir

³⁶ *Ibid.*, pp. 8-9.

³⁷ *Ibid.*, p. 19.

patrones, unos de los sistemas más eficientes para optimización son los algoritmos evolutivos.

Al igual que las redes neuronales artificiales, los algoritmos evolutivos se originan a partir de un fenómeno biológico; la selección natural. Este es un proceso que consiste en variación, herencia, lucha por la sobrevivencia y selección.³⁸ Darwin explicó que las especies evolucionan gracias a que los organismos de estas especies varían entre sí, heredan sus características (variadas) a sus crías y luchan por sobrevivir³⁹, de tal modo sobrevivan aquellos que son más aptos para las condiciones.

La inteligencia artificial puede reproducir este mecanismo en algoritmos que tienen las mismas características: herencia, variación y selección. Para hacer esto se determina un problema a resolver, en este caso la selección de las mejores variables de entrada para la red neuronal artificial. El algoritmo evolutivo, en particular el algoritmo genético, produce una serie de soluciones aleatorias las cuales son llamadas organismos. Cada organismo tiene una serie de parámetros para la solución los cuáles son codificados en cromosomas digitales. Estos “organismos” pasan por el proceso evolutivo de herencia, variación y selección. La herencia se puede producir ya sea de manera asexual, reproduciendo cada organismo, o de manera sexual, produciendo los nuevos organismos a partir de combinaciones de los organismos existentes. La reproducción sexual ya implica una variación, si los organismos a combinar son diferentes entre sí los organismos producidos serán diferentes a los originales. Sin embargo la variación también se puede producir mediante mutación, esto es, una variación aleatoria en el nuevo organismo. Los organismos después pasan por un proceso de selección, el grado en el que cada organismo resuelve el problema es expresado en un valor de aptitud. Se eligen las soluciones con la mayor aptitud y se descartan aquellas con la menor aptitud. Los organismos que quedan pasan nuevamente por el proceso de reproducción y selección repitiendo el ciclo un número específico de veces, o hasta que se encuentre una solución satisfactoria.

La reproducción puede ser controlada de otro modo. La evolución biológica separa a los organismos en especies, las cuales pasan cada una por procesos evolutivos paralelos.

³⁸ Para una descripción más detallada de este proceso y de sus implicaciones epistemológicas revisar Paris Mandoki (2014).

³⁹ Vale la pena mencionar que en organismos más complejos esta lucha por sobrevivir no sólo implica competencia sino que también lleva a los individuos a cooperar.

En los algoritmos genéticos esto se refleja limitando la reproducción para que los cromosomas sólo se combinen entre organismos que tienen determinado grado de similitud entre sí. De esta manera cada especie (grupo de organismos similares) se acerca a una solución diferente. Consecuentemente, este mecanismo de especiación puede ser más útil si hay más de una solución al problema.

1.3. APLICACIÓN DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y ALGORITMOS GENÉTICOS PARA LA PREDICCIÓN DE VALORES DE INDICADORES DE NIVELES DE POBREZA EN MÉXICO

A continuación se realiza una descripción del sistema creado para predecir las fluctuaciones de los indicadores de niveles de pobreza en México. Este sistema combina redes neuronales artificiales para buscar predecir las fluctuaciones, con un algoritmo genético para elegir los parámetros de entrada.

Aquello que se busca predecir es el comportamiento de los indicadores de pobreza producidos por el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL).

El lenguaje de programación usado es Java, un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, basado en clase y orientado a objetos. Este lenguaje se eligió porque este es un proyecto académico y la licencia de Java es GNU, la cual otorga la libertad a los usuarios de compartir, usar, modificar y, más importantemente, estudiar el software. Además permite la ejecución de la aplicación en los sistemas operativos Windows, Mac OS, Linux y Android.

13.1. APLICACIÓN DE LA RED NEURONAL ARTIFICIAL

Como se explica arriba, la red neuronal artificial utilizada es una red neuronal *feed forward* con un algoritmo de propagación hacia atrás. Es configurable para hacer uso de la cantidad de datos de entrada o de salida que sean necesarios. Estos datos son provistos mediante un archivo de extensión *.xlsx el cual tiene que estar organizado de la siguiente manera en el archivo para que pueda ser leído por la red neuronal:

	A	B	C	D		A	B
1		Variable de entrada 1	Variable de Entrada 2	Variable de Entrada 3	1		Variable de salida 1
2	1990	valor	valor	valor	2	1990	valor
3	1991	valor	valor	valor	3	1991	valor
4	1992	valor	valor	valor	4	1992	valor
5	1993	valor	valor	valor	5	1993	valor
6	1994	valor	valor	valor	6	1994	valor
7	1995	valor	valor	valor	7	1995	valor
8	1996	valor	valor	valor	8	1996	valor
9	1997	valor	valor	valor	9	1997	valor
10	1998	valor	valor	valor	10	1998	valor
11	1999	valor	valor	valor	11	1999	valor
12	2000	valor	valor	valor	12	2000	valor
13	2001	valor	valor	valor	13	2001	valor
14	2002	valor	valor	valor	14	2002	valor

Imagen VI: ejemplo de formato de variables

Se observan cuatro variables, tres de entrada y una de salida en dos pestañas diferentes. Para cada variable se tienen doce datos, uno para cada año de 1990 a 2001. La primera columna representa el año y cada columna subsecuente tiene los datos correspondientes a cada año, tanto de entrada como de salida.

El sistema determina la estructura de la red neuronal, según los datos de entrada y de salida, mediante la fórmula de $2/3$ la cantidad de nodos de entrada para determinar el número de nodos en cada capa oculta. En el ejemplo propuesto, la red neuronal tendría 3 nodos de entrada, 2 nodos ocultos y un nodo de salida del siguiente modo:

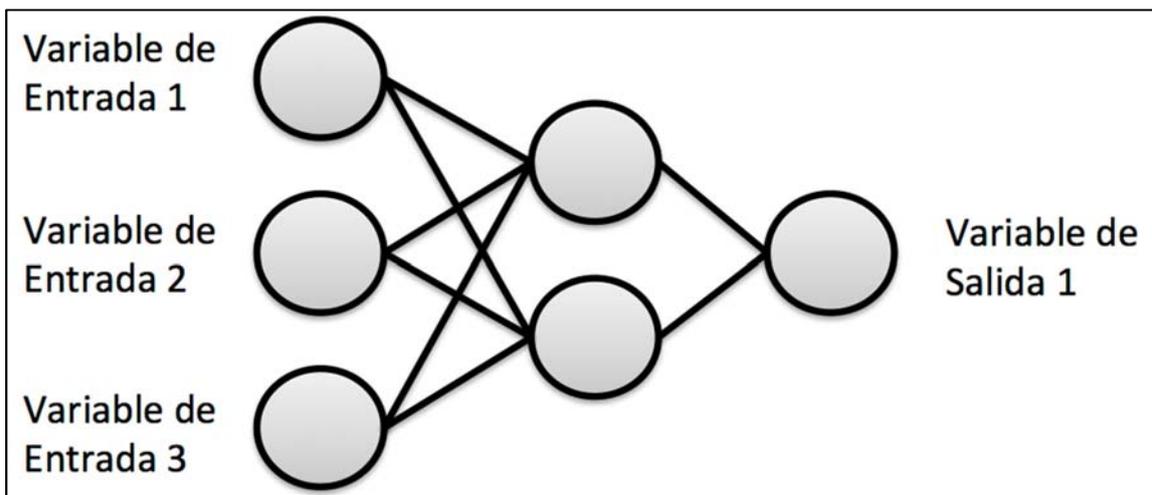


Imagen VII: Relación entre variables y nodos

El programa está diseñado para predecir fluctuaciones porcentuales, tanto a la alza como a la baja, y se entrena por medio del mecanismo de retropropagación. Por lo tanto los nodos de la capa intermedia y de la capa de salida son nodos con funciones hiperbólicas tangenciales.

El programa permite elegir las filas (los años) que serán usadas como datos de entrenamiento y las filas que se usarán como datos de salida, se recomienda una proporción cercana a 80%-20% para este fin. También se permite elegir la tasa de entrenamiento, la inercia, el número de ciclos de entrenamiento y el error global mínimo. Este último dato determina el error mínimo (la diferencia entre el valor esperado y el valor obtenido) que debe tener la red neuronal, en cuanto este error se haya alcanzado se detendrá el entrenamiento de tal modo que la red quede sobreentrenada.

Después del entrenamiento la red puede ser probada e indicará el grado de precisión con el que ha logrado probar los datos recibidos cuando esos datos tengan un valor de comparación. En el ejemplo provisto se podrá comparar la certeza de predicción para los años anteriores a 2001 y se podrá establecer una predicción para 2001.

1.3.2. APLICACIÓN DE ALGORITMO GENÉTICO

El objetivo de usar un algoritmo genético en el sistema es el de tener una herramienta para poder elegir las variables de entrada óptimas para la red neuronal, esto es, las que produzcan una red neuronal que mejor prediga la(s) variable(s) de salida. De este modo, lo que el algoritmo genético crea es una lista óptima de variables de entrada para la(s) variable(s) de salida dada(s), esto es, una lista de datos de entrada que permitirán crear una red neuronal que mejor prediga los resultados que se buscan.

La manera en la que el algoritmo funciona es produciendo una serie de soluciones posibles, una serie de listas de datos de entrada. A cada solución se le llama **organismo**, la lista de datos, llamada **cromosoma**, se codifica en una serie de 1's y 0's que para cada dato posible indican si está incluido o no en esa solución. Por ejemplo:

1	0	0	1	1	0
---	---	---	---	---	---

Este cromosoma representaría una lista que contiene el primer, cuarto y quinto datos de los datos posibles.

El total de los organismos existentes en algún momento es llamado **población** y su tamaño es la cantidad de organismos que contiene.

El algoritmo genético va a pasar por una serie de **ciclos** que corresponden a 3 pasos: determinación de la aptitud, selección natural, reproducción. Antes del primer ciclo sin embargo, el algoritmo debe crear la población, eligiendo aleatoriamente 30 variables de los datos de entrada posibles⁴⁰. Esta población será la primera generación. Cada ciclo, los organismos de la población serán cambiados y se considerará que se crea una nueva generación. Para cada ciclo se realiza lo siguiente:

1.3.2.1. DETERMINACIÓN DE LA APTITUD

Cada organismo tiene un valor que determina su **aptitud**. La aptitud representa que tan buena es la solución que el organismo representa. En este caso, la aptitud determina que tanto sirve la lista de variables elegidas para producir una red neuronal que prediga los resultados buscados.

La aptitud se determina creando una red neuronal para cada organismo según los datos de salida elegidos y los respectivos datos de entrada. La tasa de entrenamiento, inercia, ciclos de entrenamiento, error global mínimo, filas de entrenamiento y filas de prueba son elegidas por el usuario y son las mismas para todos los organismos.

Cada red neuronal creada es entrenada y probada. La aptitud corresponde al inverso de la divergencia entre los datos resultados de la red neuronal y los datos esperados.

Si en este momento el número de generaciones llega a ser igual al número especificado, el algoritmo se detiene, de otro modo se continúa al siguiente paso.

1.3.2.2. SELECCIÓN NATURAL

Este paso consta de ordenar los organismos según su aptitud, de la menor divergencia al mayor, y la mitad de los organismos que tengan la mayor divergencia son eliminados. Para sustituir a los organismos eliminados se pasa por el proceso de reproducción.

⁴⁰ El algoritmo genético está diseñado para elegir las mejores variables de entre cientos de posibilidades.

1.3.2.3. REPRODUCCIÓN

El primer paso en el proceso de reproducción es la formación de parejas de organismos. Las parejas se forman de manera aleatoria a menos que la **selección** sexual esté activada, en cuyo caso las parejas se forman en orden de aptitud (la primera con la segunda, la tercera con la cuarta, etc.). De cada pareja se producen dos nuevos organismos combinando los cromosomas de la pareja. Se elige una posición aleatoria en los cromosomas, los datos anteriores a la posición en el primer cromosoma original y los datos posteriores del segundo cromosoma original al primer cromosoma nuevo, y el restante irá al segundo. Por ejemplo:

Si la pareja es la siguiente:

0	0	0	0	0	0
---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	1	1
---	---	---	---	---	---

Y la posición aleatoria es 4, los nuevos cromosomas serán:

0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---

1	1	1	1	0	0
---	---	---	---	---	---

Si la opción de **selección lamarckiana** está activada, en lugar de usar los cromosomas originales como tales, se eligen los mejores datos de entrada (los datos de entrada que tienen conexiones neuronales más fuertes con las variables de salida) y se producen los cromosomas nuevos a partir de una combinación de estos. Si la opción de **mutación** está activada, después de producir los nuevos cromosomas, se elige un punto aleatorio en el cromosoma y se invierte su valor.

El conjunto de los organismos que sobrevivieron el proceso de selección y los organismos producidos por el proceso de reproducción son considerados una nueva generación. El algoritmo regresa al primer paso para determinar la aptitud de cada organismo de esta nueva generación.

1.3.2.4. RESULTADOS

Después de que el algoritmo genético haya pasado por el número de generaciones determinadas por el usuario, se tendrá una población de organismos que representan las más óptimas soluciones encontradas. Cada solución tendrá una lista de variables de entrada que resultaron más eficientes para poder predecir las variables de salida con el uso de redes neuronales.

1.4. USO DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL SISTEMA INTELIGENTE DE PARA LA PREDICCIÓN DE INDICADORES ECONÓMICOS

A continuación se desarrolla una descripción de la interfaz gráfica para la ejecución del sistema de predicción de indicadores económicos. Aunque la tesis documenta el desarrollo del sistema para la predicción de indicadores de pobreza, esta sección sirve como manual de usuario para quien quiera hacer uso del sistema para hacer predicciones sobre cualquier indicador.⁴¹

1.4.1. FORMATO DE ARCHIVO DE DATOS

Lo primero que se necesita tener para utilizar el sistema son los datos de entrada y de salida. Para poder utilizarlos es necesario acomodarlos en un archivo xlsx. Los datos deben estar acomodados en tablas donde la primera columna represente las fechas de los datos y la primera fila represente los nombres de los datos. De este modo en cada columna estarán los valores para cada variable y en cada fila los valores para cada año. A continuación se muestra un ejemplo:

⁴¹ Para poder utilizar el sistema es necesario instalar el ambiente de ejecución de Java. La instalación es gratuita y se puede bajar del sitio oficial: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jre7-downloads-1880261.html>

Imagen VIII: Ejemplo archivo de datos

The image shows two screenshots of an Excel spreadsheet. The left screenshot shows the 'Datos de Entrada' sheet with columns for years (1990-2001) and five input variables. The right screenshot shows the 'Datos de Salida' sheet with columns for years (1990-2001) and three output variables. Both sheets have a 'valor' in the data cells.

	A	B	C	D	E	F
1		Variable de entrada 1	Variable de entrada 2	Variable de entrada 3	Variable de entrada 4	Variable de entrada 5
2	1990	valor	valor	valor	valor	valor
3	1991	valor	valor	valor	valor	valor
4	1992	valor	valor	valor	valor	valor
5	1993	valor	valor	valor	valor	valor
6	1994	valor	valor	valor	valor	valor
7	1995	valor	valor	valor	valor	valor
8	1996	valor	valor	valor	valor	valor
9	1997	valor	valor	valor	valor	valor
10	1998	valor	valor	valor	valor	valor
11	1999	valor	valor	valor	valor	valor
12	2000	valor	valor	valor	valor	valor
13	2001	valor	valor	valor	valor	valor

	A	B	C	D
1		Variable de salida 1	Variable de salida 2	Variable de salida 3
2	1990	valor	valor	valor
3	1991	valor	valor	valor
4	1992	valor	valor	valor
5	1993	valor	valor	valor
6	1994	valor	valor	valor
7	1995	valor	valor	valor
8	1996	valor	valor	valor
9	1997	valor	valor	valor
10	1998	valor	valor	valor
11	1999	valor	valor	valor
12	2000	valor	valor	valor
13	2001	valor	valor	valor

En este ejemplo el archivo xlsx tiene dos hojas una con el nombre “Datos de Entrada” y otra con el nombre “Datos de Salida”. La primera columna de cada hoja tienen las fechas que son los años de 1990 a 2001. La primera hoja tiene cinco columnas más que representan cinco variables de entrada y la segunda hoja tiene tres columnas más que representan 3 variables de salida. Es importante que el archivo tenga los valores para las variables de entrada de todos los años. En cuanto a las variables de salida, es importante que estén para todos los años con los que se entrenará a la red neuronal, puede faltar el valor para el año en el que se busque hacer la predicción. Vale la pena recalcar que es importante que los datos de entrada y los datos de salida se encuentren en sus respectivas pestañas.

1.4.2. PANTALLA DE INICIO

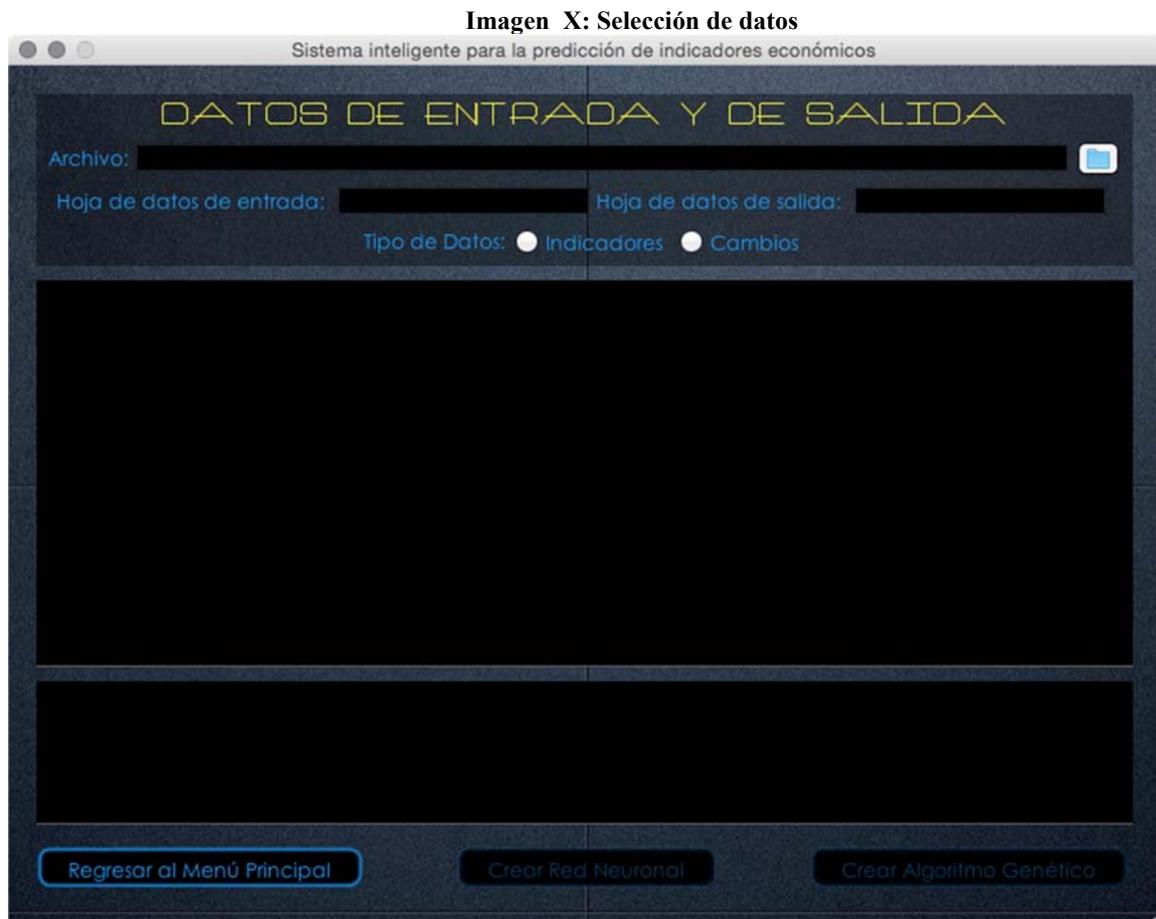
Una vez que se tenga listo el archivo de datos se puede ejecutar el programa dando doble clic sobre el archivo RedNeuronal.jar. Esto iniciará la ejecución y el programa desplegará la pantalla de inicio que es la siguiente:

Imagen IX: Pantalla de inicio



La pantalla de inicio muestra dos botones. El botón que indica “**Abrir archivo de algoritmo genético**” permite abrir un archivo obj producido por el sistema anteriormente que contiene los datos de un algoritmo genético guardado previamente. El botón que indica “**Crear Nueva red neuronal o algoritmo genético**” permite crear una nueva red neuronal o un nuevo algoritmo genético a partir de un archivo xlsx. Si se oprime el primer botón se abrirá un cuadro de diálogo que permite seleccionar y abrir un archivo obj anteriormente guardado y se procederá a interfaz para controlar el Algoritmo Genético. Si se oprime el segundo botón, aparecerá la pantalla de elección de datos de entrada y de salida.

1.4.3. SELECCIÓN DE DATOS DE ENTRADA Y DE SALIDA



Esta pantalla se utiliza para seleccionar ingresar la fuente y los datos de entrada y de salida para la red neuronal o el algoritmo genético. Inicialmente sólo dos botones están activados, uno “Regresar al Menú Principal” que permite regresar a la pantalla anterior, y otro con un ícono de carpeta que permite al usuario elegir el archivo xlsx con los datos de entrada y de salida y elegir las hojas respectivas en el mismo archivo. Una vez que se hayan elegido tanto el archivo, como las hojas, el programa leerá los datos del archivo y proveerá la opción de elegir cuales datos de entrada y de salida respectivamente se utilizarán:

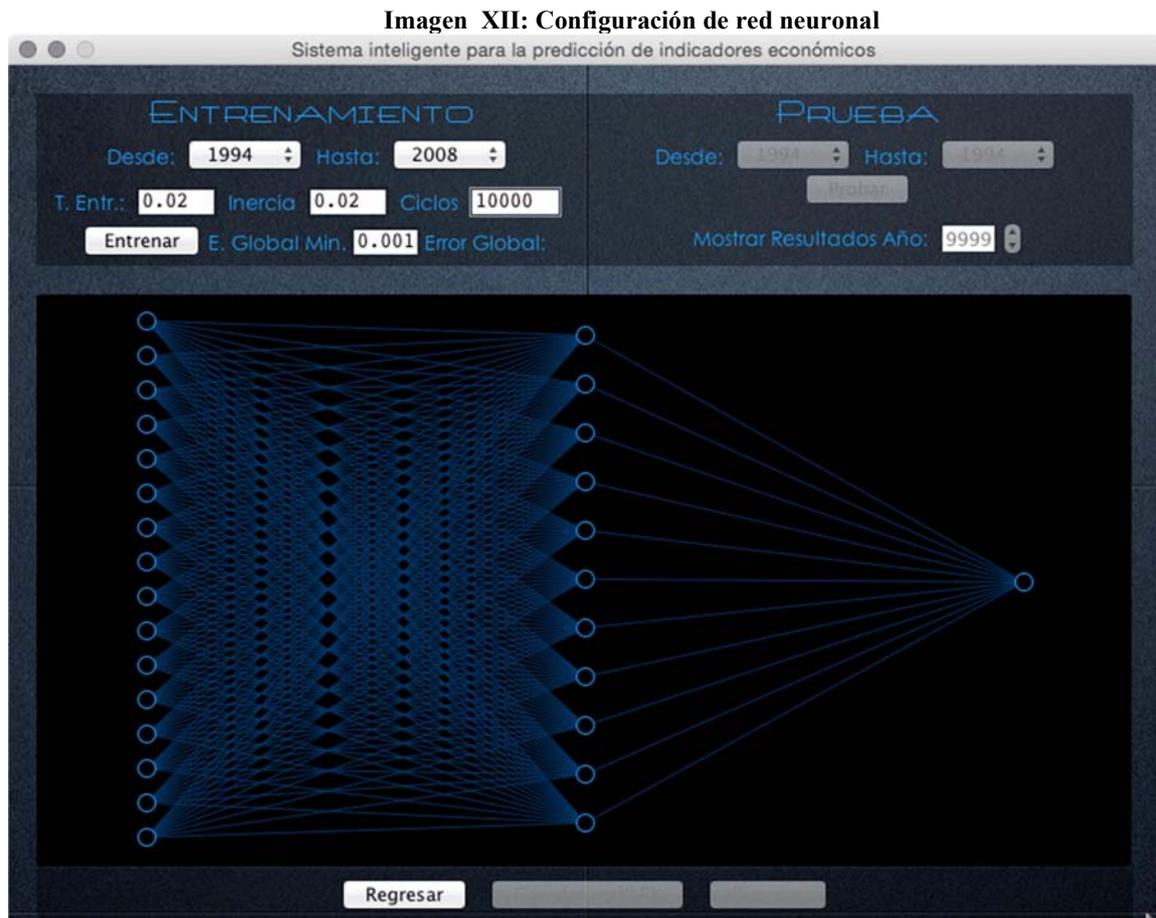
Imagen XI: Selección de datos (2)



El programa mostrará todas las columnas en las hojas y los archivos elegidos para que el usuario pueda elegir cuáles datos de entrada y de salida quiere usar, ya sea para la red neuronal o para el algoritmo genético. El usuario puede elegir los datos individualmente o puede seleccionarlos todos seleccionando el cuadro que aparece junto a “Datos de Entrada” o “Datos de Salida” respectivamente. Una vez elegidos los datos el usuario puede proceder a crear la red neuronal o el algoritmo genético dependiendo del botón de la parte inferior que oprima. Es importante que el usuario elija si los datos que se proveen en el archivo corresponden a indicadores o a cambios pues esto determinará la estructura interna de las redes neuronales.

1.4.4. USO DE LA RED NEURONAL ARTIFICIAL

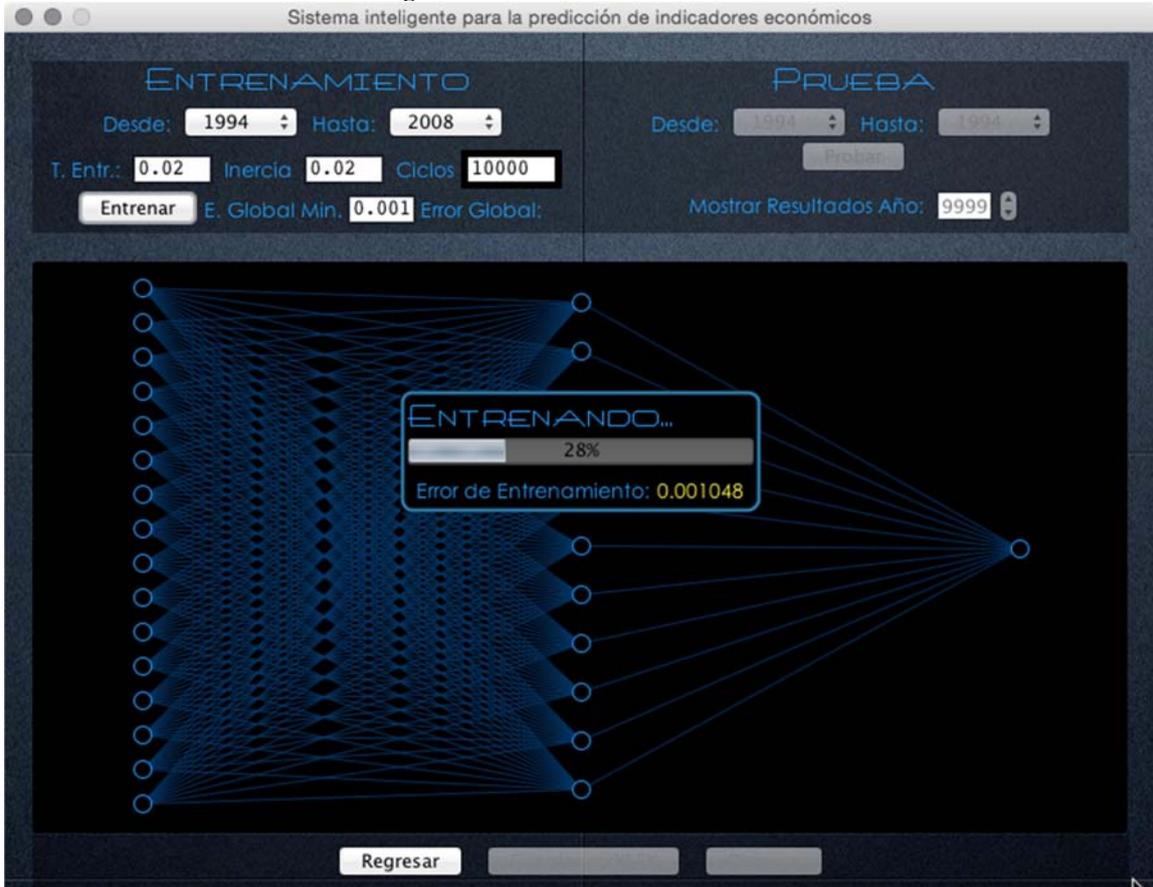
Si el usuario oprime el botón “Crear Red Neuronal” el sistema creará una red neuronal artificial de propagación hacia delante adecuada para los datos de entrada y de salida seleccionados.



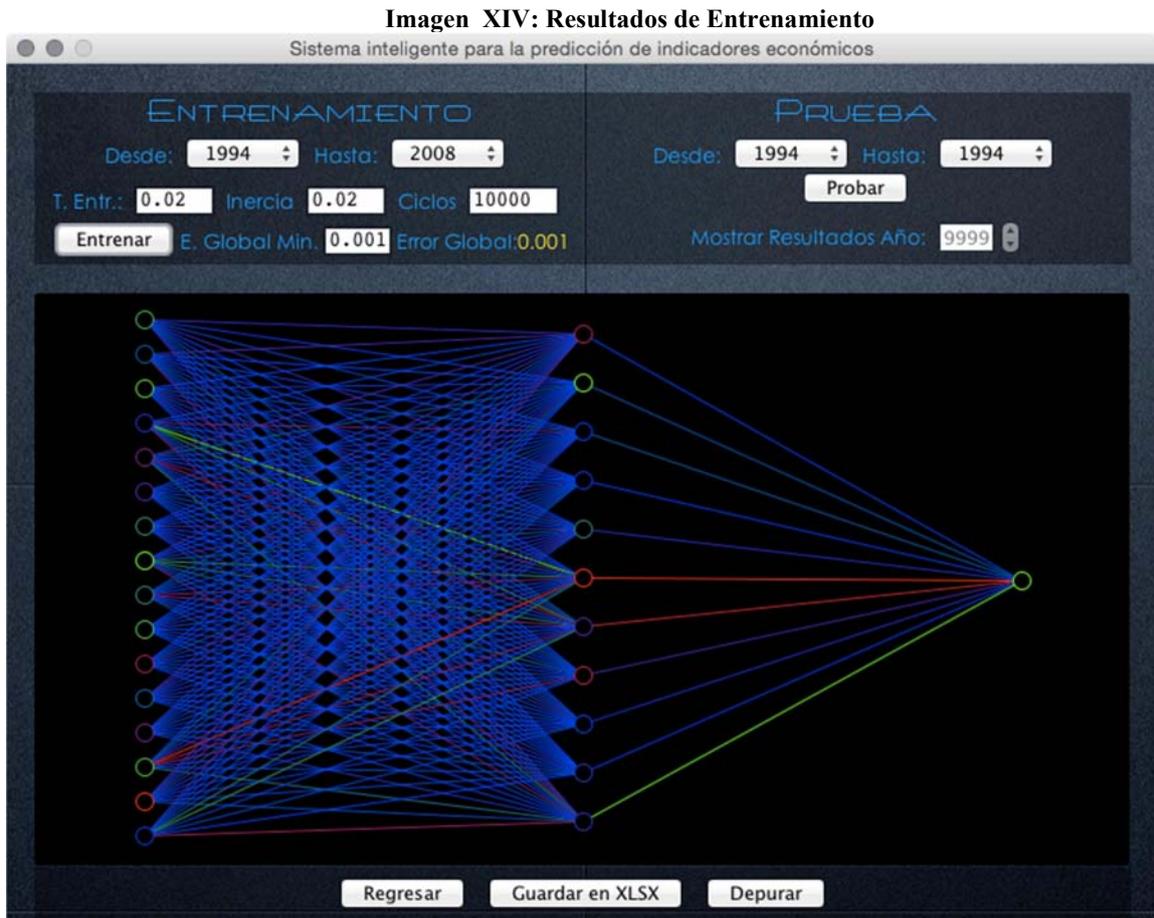
El programa mostrará la topología de la red neuronal artificial creada y permitirá al usuario elegir las opciones de entrenamiento para esa red neuronal. La primera opción es la de elegir el rango de fechas que corresponderán al periodo de entrenamiento de la red, esto establece cuáles son las filas de los datos de entrenamiento. El usuario debe elegir la primera y última fila del rango de entrenamiento y así se entrenarán con éstas y todas las filas intermedias. El usuario también elegirá la tasa de entrenamiento, la inercia, los ciclos de entrenamiento y el error global mínimo. El programa tiene una sugerencia con la cual, por experiencia, el entrenamiento parece ser el más funcional. Una vez determinada la

configuración, el usuario deberá oprimir el botón “Entrenar” para que el entrenamiento de la red inicie.

Imagen XIII: Entrenamiento de la red neuronal



Se mostrará una barra de progreso que avanza mientras avanza el entrenamiento y un indicador para mostrar el error de entrenamiento actual. Cuando el entrenamiento esté terminado, ya sea porque se terminaron los ciclos indicados o se alcanzó el error de entrenamiento mínimo, se mostrará el resultado del entrenamiento en la topología.



El programa muestra el error global del entrenamiento (la precisión con la que la red predice los datos de entrenamiento) y, mediante un esquema de colores, los pesos de las conexiones entre los distintos nodos y el sesgo de cada neurona. El significado de los colores es el siguiente:

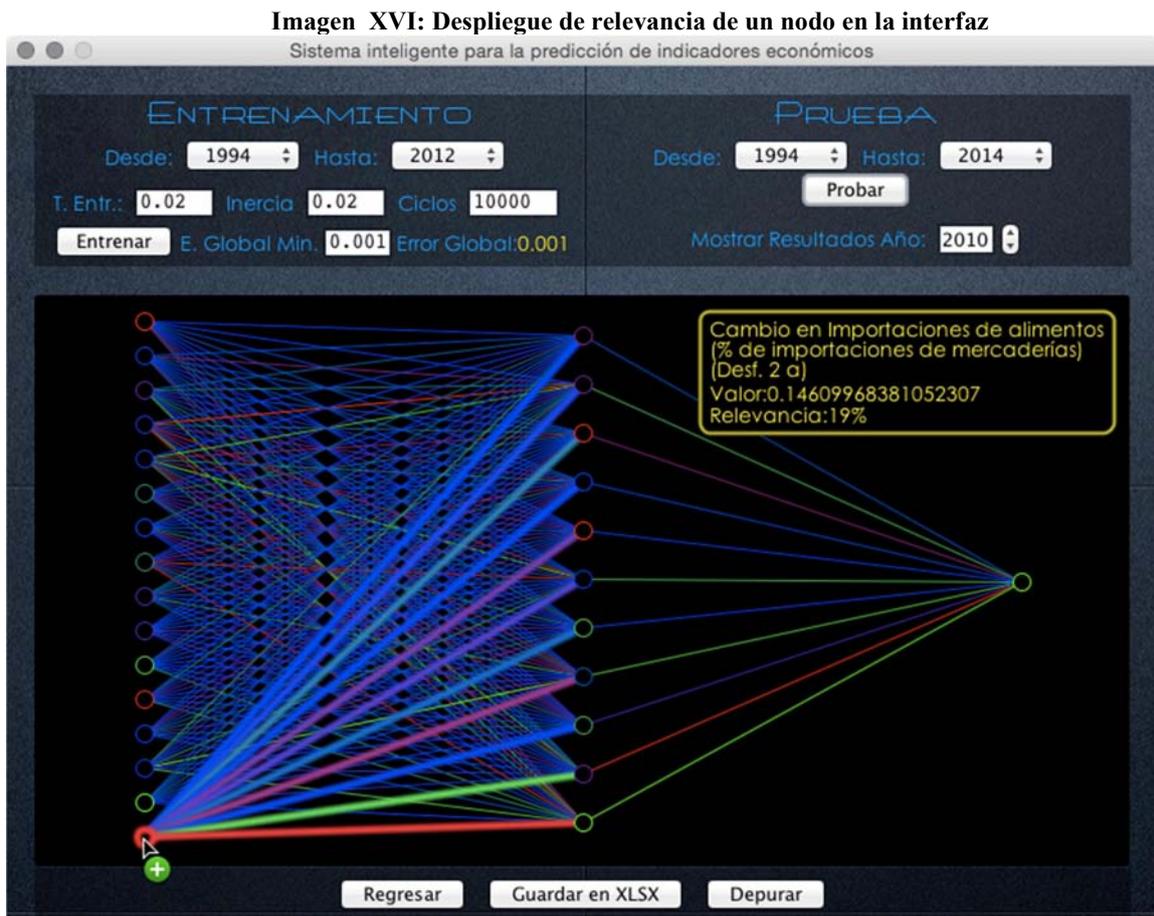


Imagen XV: Espectro de color para el peso de las conexiones entre nodos

Como se muestra, las conexiones en rojo tienen un peso negativo máximo, pasando a un peso negativo moderado en magenta. Las conexiones con peso cercano a 0 tienen un color azul y mientras se incrementa el peso pasa por aguamarina hasta llegar a verde para las conexiones con el mayor peso. Esto permite analizar la proporcionalidad de las variables de entrada con las variables de salida. En la imagen se puede ver que la segunda

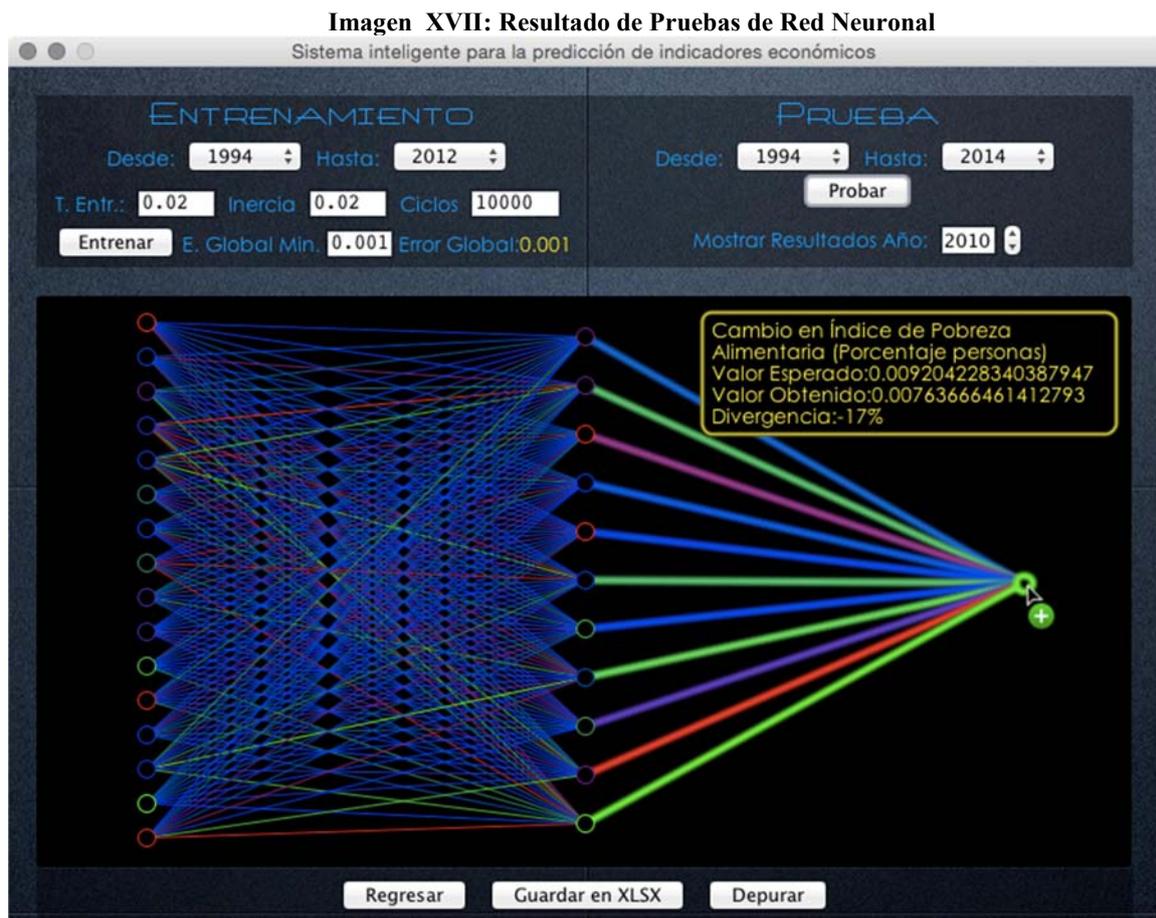
neurona de entrada se conecta mediante 2 conexiones negativas a la neurona de salida, una conexión negativa con una neurona intermedia que a su vez tiene una conexión negativa con la neurona de salida, esto muestra que esa variable de entrada tiene una relación de proporción directa (pues negativo con negativo da positivo) con la variable de salida. Contrariamente, la última variable de entrada tiene una relación inversa con la variable de salida al estar conectada de dos maneras con conexiones que tienen un peso negativo y un peso positivo.

La información topológica no sólo se puede ver por conexión. La interfaz también muestra una estimación de la relevancia de cada variable de entrada con relación a los demás para producir el valor de salida. Esta información se muestra a modo de porcentaje colocando el apuntador sobre cada nodo de entrada:



Aquí el usuario puede alterar la estructura de la red neuronal, eliminando los nodos cuya relevancia sea menor a la deseada. Esto también se puede hacer de manera automática con el botón “Depurar” el cual crea una nueva red neuronal con las mismas variables de entrada excluyendo aquellas que tenían nodos cuya relevancia era menor a 1%, después entrena la nueva red. Si no hay nodos con relevancia menor a 1% este botón no hace nada.

Una vez entrenada la red neuronal se puede realizar una prueba, tanto para comparar con los datos de salida que se tienen como para establecer alguna predicción para algún caso en el que se tenga datos de entrada y no se tengan datos de salida. El usuario elige los años para los cuales se quiere probar la red neuronal y oprime el botón “Probar”. Después de ejecutar la prueba el programa mostrará los resultados permitiendo al usuario elegir el año, de entre los cuales se probó, y colocando el puntero encima de cada nodo podrá ver el resultado que se obtuvo.



En esta imagen se muestra una predicción para el año 2010, compara el valor esperado, esto es, el valor que se encuentra en la tabla con los datos de entrenamiento, y el

valor obtenido, el valor producido por la red neuronal. También muestra la divergencia entre ambos valores, que en este caso es de -17%.

Una vez entrenada la red neuronal se activa la opción de “Guardar en XLSX”. Esta opción permite crear un archivo XLSX que reproduce el funcionamiento de la red neuronal entrenada. El archivo muestra todos los valores que la red neuronal tiene y el procedimiento matemático con el que llega al resultado. Además el archivo contiene todos los datos de entrada y de salida que son utilizados en esa red neuronal.

Imagen XVIII: Ejemplo de archivo xlsx guardado

	A	B	C	D	E	F	G
1	Variables:	Variable de entrada 1	Variable de entrada 2	Variable de entrada 3	Variable de entrada 4	Variable de entrada 5	
2	Valor:	valor	valor	valor	valor	valor	
3	Sesgo:	sesgo	sesgo	sesgo	sesgo	sesgo	
4							
5		N. Oculta 1	N. Oculta 2	N. Oculta 3	N. Oculta 4		
6	Sesgo:	sesgo	sesgo	sesgo	sesgo		
7	Valor:	valor	valor	valor	valor		
8							
9		Variable de Salida 1					
10	Sesgo:	sesgo					
11	Valor:	valor					
12							

En este ejemplo se muestra una parte del archivo xlsx. La primera fila expresa las variables de entrada de la red neuronal. La segunda fila el valor de esas variables. La tercera fila el sesgo de los respectivos nodos de entrada. Siguen los valores y sesgos de los nodos ocultos según cada valor de entrada. Estos se obtienen según una fórmula matemática, multiplicando los valores por los sesgos, luego por los valores de las conexiones y luego aplicando la fórmula tangente hiperbólica. Finalmente el sesgo y el valor de los nodos de salida; el resultado final.

Otra parte del archivo muestra las matrices de pesos:

Imagen XIX: ejemplo matriz de pesos

	A	B	C	D	E	F	G
1	Matriz de pesos						
2	Variables:	Variable de entrada 1	Variable de entrada 2	Variable de entrada 3	Variable de entrada 4	Variable de entrada 5	
3	N. Oculta 1	peso	peso	peso	peso	peso	
4	N. Oculta 2	peso	peso	peso	peso	peso	
5	N. Oculta 3	peso	peso	peso	peso	peso	
6	N. Oculta 4	peso	peso	peso	peso	peso	
7							
8		N. Oculta 1	N. Oculta 2	N. Oculta 3	N. Oculta 4		
9	Variable de Salida 1	peso	peso	peso	peso		
10							
11							

Estas matrices representan los pesos de las sinapsis que conectan los nodos. La primera muestra las conexiones de cada nodo de entrada con cada nodo oculto, la segunda de cada nodo oculto con los nodos de salida. Estos pesos son los resultados del algoritmo de retropropagación del sistema.

1.4.3. USO DEL ALGORITMO GENÉTICO

Imagen XX: Configuración de Algoritmo Genético

Sistema inteligente para la predicción de indicadores económicos

ALGORITMO GENÉTICO

Número de generaciones: 50 Tamaño de generaciones: 128 Ciclos: 1000

Tasa de Entrenamiento: 0.05 Inercia: 0.1 Error Global Mínimo: 0.001

Mutación: 1 Selección Sexual Herencia Lamarckiana Especiación

AÑOS DE ENTRENAMIENTO **AÑOS DE PRUEBA**

Desde: 1994 Hasta: 1994 Desde: 1994 Hasta: 1994

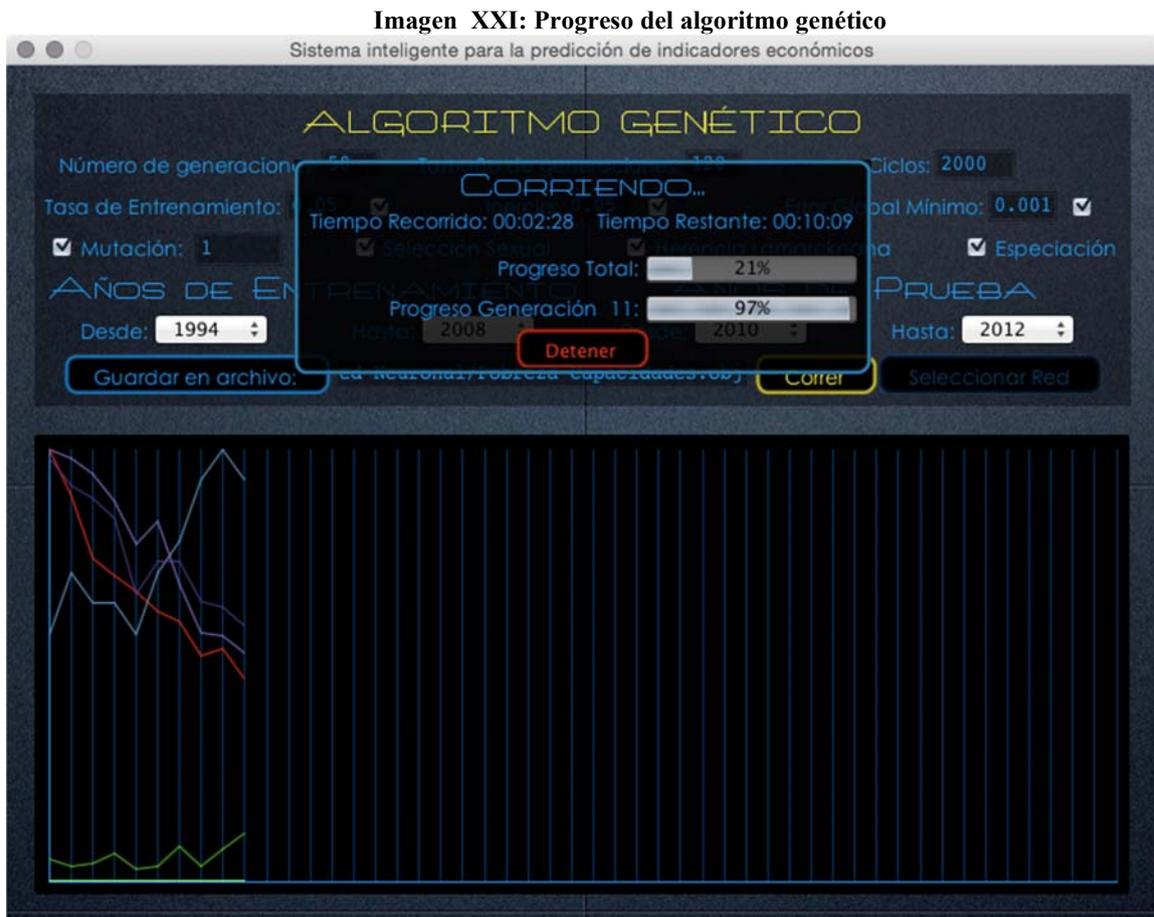
Guardar en archivo: **Correr** Seleccionar Red

Si en la pantalla de selección de datos el usuario decide crear un algoritmo genético el programa funcionará de otra manera. Los datos de entrada elegidos serán los datos de entrada posibles para el algoritmo genético y se mostrará la siguiente pantalla de la **Imagen XX**.

El usuario deberá especificar la configuración para las siguientes propiedades:

- **Número de generaciones:** El número de generaciones que tendrá el algoritmo genético, en otras palabras el número de ciclos aptitud-selección-reproducción por los cuales pasará el algoritmo genético.
- **Tamaño de generaciones:** Aquí el usuario determina el número de organismos que compone cada generación, en otras palabras el tamaño de la población.
- **Ciclos/Tasa de entrenamiento/ Inercia/Error Global mínimo:** Al igual que en la pantalla de configuración para la red neuronal, aquí se determinan estas características para las redes neuronales de cada uno de los organismos que componen el algoritmo genético. Sin embargo, en este caso se pueden deseleccionar los valores de Inercia y Tasa de entrenamiento para que el algoritmo genético también busque optimizarlos. Vale la pena aclarar que entre más cosas se busquen optimizar más difícil es optimizar cada uno, se recomienda tener un valor estático para estas propiedades.
- **Mutación:** Si se selecciona el recuadro el algoritmo hará uso de mutación y el usuario puede elegir cuantas variaciones tendrán los nuevos organismos.
- **Selección Sexual:** Si esta opción se selecciona la elección de parejas para la reproducción se hará por selección sexual (ver arriba), de otro modo se hará de manera aleatoria.
- **Herencia Lamarckiana:** Si esta opción se elige, el proceso de herencia ignorará las variables que en el proceso de entrenamiento resultaron ser menos relevantes cuando se pasen los cromosomas a la siguiente generación. Esto es, sólo se transferirá la información de las variables que sí se utilizaron para hacer predicciones.

- **Especiación:** Si esta opción se elige, los organismos se dividirán en especies para la reproducción y se podrán obtener una mayor variedad de posibles soluciones.
- **Años de entrenamiento:** Al igual que en la configuración de la red neuronal, aquí se determinan las filas que se usarán para entrenar a la red.
- **Años de prueba:** Aquí se determinan las filas que se usarán para probar cada red y determinar así su aptitud.
- **Guardar en archivo:** Este botón abre un cuadro de diálogo para que el algoritmo genético sea guardado en un archivo obj.
- **Correr:** una vez elegida la configuración, este botón inicia la ejecución del algoritmo genético.



Dependiendo del número de datos de entrada, el tamaño y cantidad de las generaciones, los años de entrenamiento y el número de ciclos de entrenamiento, la ejecución del algoritmo genético puede tardarse una cantidad considerable de tiempo. En

cuanto se inicie la ejecución se desplegará un recuadro que indica el progreso de la generación en curso (esto es el progreso que lleva en entrenar cada una de las redes neuronales de los organismos de la generación) y el progreso total. También se indicará el tiempo recorrido y una estimación del tiempo restante antes de que el algoritmo termine. La ejecución del algoritmo puede ser detenida con el botón que aparece en el cuadro y el progreso no se perderá, podrá ser guardado en el archivo indicado y se podrá continuar oprimiendo el botón “correr”.

Mientras se va ejecutando, una vez que se hayan terminado un par de generaciones, la parte inferior de la ventana mostrará información estadística sobre la ejecución del algoritmo genético. Se muestra una gráfica de líneas que determina como van progresando generación a generación los siguientes datos:

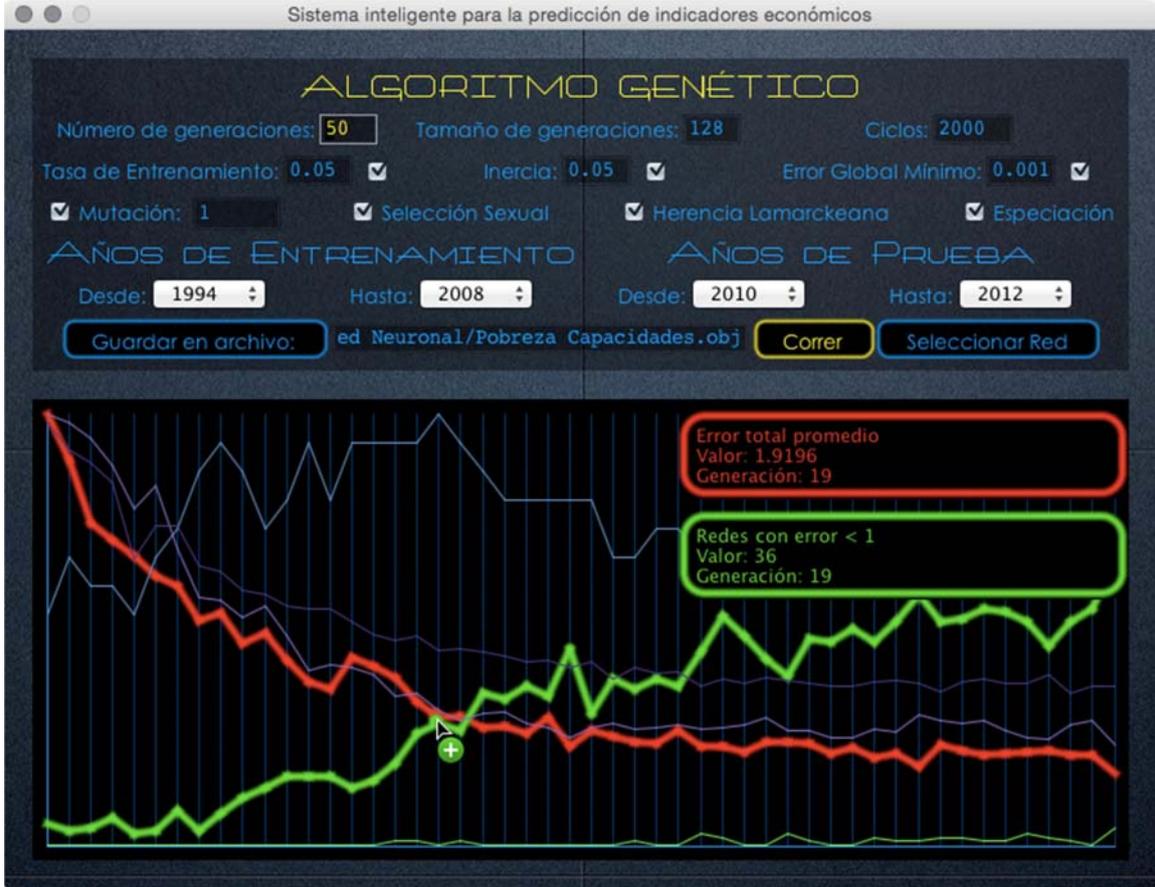
- **Redes con error <1, redes con error<0.1:** Esto indica cuántos de los organismos en la generación particular tienen redes que en la prueba han marcado un error menor que 1 o 0.1 respectivamente.
- **Error total promedio:** Esto indica el promedio del error total de los organismos de cada generación, la divergencia entre el valor esperado y el valor obtenido.

Si la opción de especiación se eligió también se mostrarán los siguientes datos:

- **Número de especies:** el número de grupos en los que se dividen los organismos.
- **Diámetro promedio:** Un promedio de la cuantificación de la diferencia máxima entre los individuos de cada especie.
- **Distancia promedio entre especies:** Un promedio de la cuantificación de la diferencia de los organismos de una especie con los organismos de las demás especies.

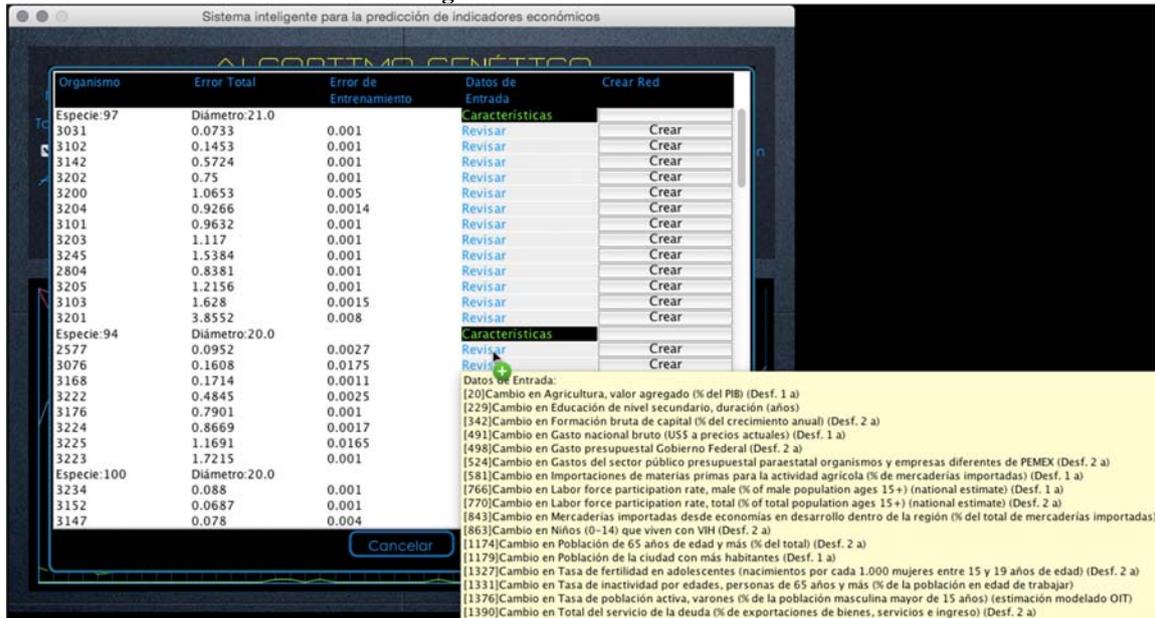
El valor específico de cada una de estas variables en cada generación se puede ver colocando el indicador sobre la línea en la generación que se intenta buscar. Si dos o más líneas intersectan en ese punto se mostrará el dato para cada valor:

Imagen XXII: Despliegue de resultados del algoritmo genético



Una vez que el algoritmo se haya terminado de ejecutar, el botón “Seleccionar Red” se habilitará. Este botón abre un menú para seleccionar las redes neuronales producidas por el algoritmo genético de la siguiente manera:

Imagen XXIII: Selección de red neuronal



Muestra los siguientes datos:

- **Organismo:** el número de organismo que representa la red neuronal, este será mayor entre mayor sean las generaciones y el tamaño de cada generación.
- **Error total:** la divergencia entre los valores obtenidos y los valores esperados para los años que se establecieron como prueba.
- **Error de entrenamiento:** el error de entrenamiento, debe ser cercano al error especificado por el usuario en el algoritmo genético.
- **Impulso:** el impulso de cada red, si el usuario especificó un valor, será el mismo para todas las redes.
- **Tasa de entrenamiento:** la tasa de entrenamiento de cada red, si el usuario especificó un valor, entonces será el mismo para todas las redes.
- **Datos de entrada:** Colocando el puntero sobre el texto “Revisar” de cada red mostrará la lista de datos de entrada que se eligieron para esta red por medio del algoritmo genético.
- **Crear Red:** Un botón para crear la red neuronal con las especificaciones indicadas. Esto llevará al usuario a la pantalla de red neuronal descrita anteriormente.

Cuando la opción de especiación está activada, la interfaz separa los organismos por especie y muestra las características de la especie: el número de especie, el diámetro de la especie y las variables que todos los miembros de la especie comparten.

1.5. REDES NEURONALES Y ALGORITMOS GENÉTICOS PARA LA ECONOMÍA

El programa creado y aquí descrito tiene un enorme potencial. A pesar de que su intención original es la estimación de los niveles de pobreza en México, el diseño tiene una apertura suficiente para que pueda ser utilizado con una multiplicidad de fines.

El sistema es una herramienta que provee ventajas que no se encuentran en otros sistemas de redes neuronales artificiales. Primero es la facilidad de su uso, no es necesario entender íntimamente el funcionamiento de las redes neuronales artificiales ni de los algoritmos genéticos para su uso. Esto permite que con pocos conocimientos técnicos mucha gente pueda hacer uso de estas herramientas para la predicción de una gran variedad de patrones, no sólo económicos sino de distintas ciencias sociales y naturales.

Otra ventaja es la unión de redes neuronales artificiales con algoritmos genéticos. La ventaja de ello es que se une el poder predictivo de las redes neuronales artificiales con el poder selectivo de los algoritmos genéticos. De este modo se puede hacer un acercamiento amplísimo a cualquier problemática de predicción. No es necesaria una teoría completa para un primer acercamiento. La herramienta produce, por sí misma, una selección de variables de entrada relevantes para la variable de salida y una relación entre ambas variables. De este modo posibilita la producción de modelos teóricos comenzando de las relaciones matemáticas, y no a la inversa.

Otra de las ventajas es la posibilidad de aproximar funciones no lineales. Esto permite encontrar relaciones no lineales de una manera mucho más sencilla que mediante un acercamiento matemático.

Finalmente, la capacidad predictiva tiene ventajas prácticas. En particular en el uso de la economía puede ser utilizada para diseñar políticas públicas y políticas sociales.

Como se ve, las posibilidades del sistema son enormes. Sin embargo el alcance de la presente tesis alcanza solo una, la predicción de las fluctuaciones de los indicadores de

pobreza en México. En los siguientes capítulos se hará un análisis de esos indicadores y se explicará la ejecución del sistema con el fin de predecirlos.

2. POBREZA EN MÉXICO

Una parte importante de los objetivos de esta tesis, para ejecutar el sistema de inteligencia artificial, es el estudio del fenómeno de la pobreza en México. El sistema producirá información, y el estudio de las metodologías de medición de la pobreza y de la política social en México será un factor relevante para entender esta información. Además de que a partir de este estudio se puede hacer una selección previa de variables para ejecutar el sistema.

Por esta razón este capítulo cumple con dos objetivos. Primeramente se describe a detalle la metodología con la que se producen los indicadores de pobreza que el sistema está diseñado para predecir y analizar. Se explican fundamentos metodológicos, objetivos y el establecimiento de dos metodologías, la de líneas de pobreza del Comité Técnico para la medición de la pobreza y la de pobreza multidimensional de Coneval.

El segundo objetivo es el análisis de la política social en México la cual está diseñada para poder afectar los niveles de pobreza que los indicadores miden. También se relacionan con éstos en que son la manera en la que la política social es evaluada.

De esta manera se pretende dar un marco teórico para interpretar mejor y contextualizar los resultados producidos por el sistema.

2.1. METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN DE LA POBREZA

El objetivo de la presente tesis implica predecir el comportamiento de los indicadores de pobreza de las mediciones realizadas por el CONEVAL para posteriormente confrontarlos con los resultados oficiales. Esta institución ha realizado sus mediciones haciendo uso de dos metodologías, la metodología de líneas de pobreza y la metodología multidimensional. Para cumplir con este objetivo es importante analizar estas metodologías para aclarar qué es lo que se busca predecir así como para entender cuáles son los factores que podrían afectar los resultados de tales mediciones.

2.1.1. METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE POBREZA

La medición de la pobreza en México adquiere su mayor importancia desde el sexenio de Vicente Fox. Es durante este sexenio, el 9 de julio de 2001, cuando se integra el Comité Técnico Para la Medición de la Pobreza (CT⁴²), y el 20 de enero de 2004, cuando se decreta la Ley General de Desarrollo Social el 20 de enero de 2004.

El artículo 36 de esta ley señala que el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) tiene a su cargo la función de establecer los lineamientos y criterios para la definición, identificación y medición de la pobreza y que para ello debe hacer uso de la información que genera el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Con dicha información CONEVAL elabora los siguientes indicadores: Ingreso corriente *per cápita*, Rezago educativo promedio en el hogar, Acceso a los servicios de salud, Acceso a la seguridad social, Calidad y espacios de la vivienda, Acceso a los servicios básicos en la vivienda, Acceso a la alimentación, Grado de cohesión social, y Grado de Accesibilidad a carretera pavimentada. Así mismo en el artículo 37 se establece que las mediciones deben hacerse a nivel nacional, por entidad federativa cada 2 años como mínimo y cada 5 años a nivel municipal.

Por otro lado, el artículo 72 le otorga la responsabilidad a CONEVAL de evaluar la política social, para corregir, modificar, adicionar, reorientar o suspender los objetivos, metas y acciones de la Política de Desarrollo Social. Esto lo hará, según el artículo 80, emitiendo sugerencias y recomendaciones al Ejecutivo Federal.

Bajo estos dos criterios se establecieron dos metodologías de la medición de la pobreza. En primera instancia, el CT establece una metodología según el ingreso con 3 líneas de pobreza la cual fue usada, en una versión modificada, a partir de 1990 y hasta el año 2012 y más tarde CONEVAL establece una metodología multidimensional que se utilizó a partir de 2008. Para el año 2014 sólo se usó la metodología multidimensional.

⁴² Se usará este acrónimo pues es el que Székely utiliza en sus artículos posteriores.

2.1.1.1. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

Tanto para medir como para combatir a la pobreza, es necesario iniciar por definir este término. El primer acercamiento que hace el Comité Técnico es: “Pobreza es un término que hace referencia a la privación de elementos necesarios para la vida humana dentro de una sociedad y de medios o recursos para identificar esta situación”.⁴³ Además de ello establece que esta privación se puede dar en distintos espacios como lo son:⁴⁴

- En oportunidades de participación en los mecanismos de decisión colectiva, o política, que le dan “voz” a la ciudadanía en la representación de sus intereses;
- en mecanismos de apropiación o de titularidades sobre recursos, que entre otras cosas provocan incertidumbre respecto al acceso a satisfactores básicos;
- en capital físico o humano (por ejemplo, carencia de cierto tipo de vivienda o de un número de años de educación formal);
- en ingresos (por ejemplo; de flujos monetarios o no monetarios suficientes para adquirir satisfactores);
- en bienes de consumo (por ejemplo, de una canasta de bienes alimenticios y no alimenticios);
- en bienestar entendido en un sentido subjetivo (por ejemplo; de un nivel de satisfacción personal adecuado).

El CT reconoce que hay distintas concepciones de pobreza, desde la que lo toma como un conjunto de relaciones sociales que excluyen a algunos hogares de la participación de ciertos elementos de la vida comunitaria, hasta una visión como la de Amartia Sen en el que la pobreza significa una falta de recursos para alcanzar algunas capacidades básicas.⁴⁵

A partir de estas concepciones, James Foster, en el prólogo a *Números que mueven al mundo: la medición de la pobreza en México*, establece que los principios de la metodología para medir la pobreza son:⁴⁶

⁴³ Székely 2005, p.110.

⁴⁴ *Ibid.*, pp.110-111.

⁴⁵ *Ibid.*, pp. 111-112.

⁴⁶ *Ibid.*, p. 10.

1. Ser entendible y fácil de explicar.
2. Responder al sentido común
3. Cumplir con el propósito para el cual fue desarrollada
4. Ser técnicamente sólida
5. Ser operativamente viable en términos de acceso y disposición de información
6. Ser fácilmente replicable

Tales principios acotaron claramente los pasos a seguir por el CT y delimitaron lo que terminó siendo la metodología propuesta. Por su parte, Székely afirma que el objetivo de la metodología era contar con un indicador que proveyera información para:⁴⁷

- a) Establecer la magnitud del problema de la pobreza;
- b) Caracterizar el fenómeno para el diseño de políticas, programas y acciones del sector público encaminadas a su solución;
- c) Evaluar los cambios en las condiciones de vida de la población;
- d) Evaluar las políticas, programas y acciones públicas de desarrollo social, en términos de su incidencia sobre la pobreza.

Estos objetivos establecen el contenido de las mediciones que serán necesarias para determinar las mediciones de pobreza. A partir de ello las aplicaciones de la medición de la pobreza son: el diagnóstico del problema, el diseño de instrumentos de política y la evaluación de políticas públicas.⁴⁸

Para lograr los objetivos y poder aplicar las mediciones, el CT tuvo que tomar decisiones metodológicas.⁴⁹ En primera instancia tiene que decidir el espacio de medición, esto es, las variables que se van a medir: activos, ingresos, consumo o capacidades. Luego se determina la unidad de análisis: hogares o individuos. Posteriormente se establecen las líneas de pobreza en las dimensiones y unidades determinadas. Finalmente decide, en caso de haber elegido más de un espacio, cómo es que se van a agregar éstos (en particular para metodologías mixtas o multidimensionales).

⁴⁷ *Ibid.*, p.17

⁴⁸ *Ibid.*, p. 114.

⁴⁹ *Ibid.*, pp. 116-117

2.1.1.2. DETERMINACIÓN DE LÍNEAS DE POBREZA

La metodología elegida por el CT fue la de líneas de pobreza, la cual es caracterizada como una medida monetaria. Ésta se basa exclusivamente en el ingreso o gasto de las personas, el cual incluye, además del ingreso monetario reportado, el ingreso en especie valuado monetariamente. Ejemplos de estos ingresos son los regalos, transferencias, autoconsumo en especie y el alquiler estimado por el uso de una vivienda propia.⁵⁰ Cualquier cosa que se relacione al bienestar de los individuos y cuyo valor monetario pueda ser observable e imputable, puede ser considerada como ingreso no monetario.

Las medidas monetarias son limitadas porque la capacidad para representar dimensiones no monetarias se considera muy estrecha. Es particularmente difícil incorporar dimensiones de bienestar como educación o salud, los cuáles son más “bienes en sí mismos” que valores monetarios.⁵¹ Por otro lado, no tienen el problema de definir ponderadores para agregar dimensiones cualitativamente distintas, en especial dimensiones que no tienen un valor cuantitativo, como sí lo tienen las mediciones multidimensionales.

El CT afirma que el establecimiento de una línea de pobreza monetaria es la manera más sencilla y transparente de medir la pobreza. Esto porque sólo es necesario determinar el ingreso corriente que es necesario para que el individuo satisfaga sus requerimientos fundamentales. Aclaran que esto último se facilita porque tenemos una economía en la que la mayoría de los bienes necesarios son negociados en el mercado.⁵²

Una vez tomada la decisión de usar el método de líneas de pobreza el CT tiene que seguir los siguientes pasos metodológicos. En primera instancia identifica los requerimientos nutricionales de los individuos. Luego define los productos que cubren estos requerimientos, esto es, la canasta básica. Posteriormente determina el valor monetario de la canasta básica. Finalmente clasifica a los individuos comparando el ingreso o el gasto con la línea de pobreza.⁵³ También se establece que se use el inverso del coeficiente de Engel como un factor de expansión para establecer otras líneas de pobreza. El CT reconoce que esto no le quita la arbitrariedad a la definición de la línea de pobreza,

⁵⁰ *Ibid.*, p.118

⁵¹ *Ibid.*, p.119.

⁵² *Ibid.*, pp.150-151

⁵³ *Ibid.*, p.129.

por lo que afirma que debe haber una concordancia entre el criterio propuesto y lo que se considera un mínimo aceptable desde el punto de vista social.

Para el primer paso, identificar los requerimientos nutricionales de los individuos, el CT tenía dos fuentes de donde podía sacar una canasta alimenticia; la canasta alimenticia de COPLAMAR de 1982 y la canasta que elaboró el INEGI junto con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en 1992. El CT optó por la segunda pues ésta se determinó observando el estrato que efectivamente obtiene los requerimientos mínimos de nutrientes.⁵⁴ Esta canasta se basa en las ENIGH de 1984, 1989 y 1992 y en el consumo de hogares “en un marco presuntamente exento de una restricción significativa de recursos.”⁵⁵ Esto es, se toma una decisión respecto a cuáles son los hogares exentos de esta restricción, esto es hogares no pobres, y se analiza cuáles son los alimentos que consumen. A partir de ello se elaboraron dos canastas, la canasta urbana (2,220 calorías y 40 gramos de proteína diarios por persona con un costo de \$652.57 pesos por persona⁵⁶) y la canasta rural (2,180 calorías y 37 gramos de proteína diarios por persona y un costo de \$485.71 pesos por persona). A continuación se muestran ambas canastas básicas:

Tabla 2: Canasta Básica INEGI -CEPAL⁵⁷

Grupo alimenticio	Área Urbana (gr/día)	Área Rural (gr/día)
Cereales y derivados	303.1	360.3
Carnes	124.4	117
Leches y derivados	185.1	145
Huevos	51	45.7
Aceites y grasas	31	29
Tubérculos y raíces	47.4	30.6
Leguminosas	55.8	71.6
Verduras	90	83
Frutas	120	98
Azúcar	60.5	59.2
Alimentos procesados	20	13.5
Bebidas	125	97.7

⁵⁴ *Ibid.*, p. 152.

⁵⁵ *Ibid.*, p. 158.

⁵⁶ A precios del 2000.

⁵⁷ Fuente: ONU-CEPAL e INEGI (1993) pp. 104-105.

Por alguna razón que no se especifica, INEGI-CEPAL determina estándares distintos para los hogares urbanos y los hogares rurales, especificando un requerimiento calórico menor para los segundos que para los primeros. Sería necesario especificar por qué un estándar de vida que requiere más esfuerzo físico diario requeriría menor ingesta calórica y proteica. Podría parecer que la intención de esto es tener una línea de pobreza menor para el sector rural, sin embargo esto de todos modos se logra con la diferencia cualitativa de las canastas, teniendo la dieta rural una mayor proporción de maíz y frijol en la dieta.⁵⁸

De este modo se especifica el valor de la canasta básica, ésta se convierte en el valor de la primera línea de pobreza, la cual se refiere a la imposibilidad de obtener una canasta alimentaria haciendo uso de todos los recursos disponibles. El CT especifica que el cumplimiento de esta línea de pobreza (LP1) no garantiza la nutrición de los miembros de las familias, pues se trata de una situación hipotética ya que en estos hogares se gasta entre 40 y 50 por ciento del ingreso en alimentos.⁵⁹ El CT reconoce que existe una necesidad de estimar una nueva canasta de alimentación.⁶⁰

A partir de la primera línea de pobreza se plantea una segunda medida. Ésta toma en cuenta la necesidad de satisfacer otras necesidades además de las alimentarias, como lo son vestimenta, vivienda, transporte, educación, salud y capital humano entre otras.⁶¹ Para calcular esta segunda se hace uso de un coeficiente de Engel. Se ordenan los hogares de menor a mayor ingreso total *per cápita* y se encuentran aquellos hogares en los que los gastos alimenticios sean los mismos que el valor de la canasta básica especificada anteriormente.⁶² Una vez encontrados estos hogares de referencia, uno urbano y uno rural, se obtiene el gasto promedio de los satisfactores determinados (alimento, vestuario, vivienda, transporte, salud y educación) para el decil poblacional en el que el hogar de referencia se encuentra en medio y se saca un coeficiente de Engel dividiendo el costo de la canasta alimentaria entre el valor total de estos satisfactores. Este coeficiente determinará la

⁵⁸ *Ídem*. Esto es, se puede modificar la línea de pobreza modificando el costo de la canasta básica. Sin embargo para disminuir este costo no es necesario disminuir la carga calórica, sería suficiente sustituir el modo de obtención de las calorías con alimentos que tengan un costo mejor, esto es, sustituir cosas como leche y carne con más maíz y frijol.

⁵⁹ *Óp. cit.* Székely (2002), p.189.

⁶⁰ *Ibid.*, p.186.

⁶¹ *Ibid.*, p.161.

⁶² *Ibid.*, p.162

segunda línea de pobreza (LP2) que se obtiene multiplicando el valor de la canasta alimentaria por el inverso del coeficiente.⁶³ Para sacar la tercera línea de pobreza (LP3) se hace el mismo cálculo pero haciendo uso de todos los gastos además de los especificados, esto es, se saca el coeficiente de Engel a partir del gasto total del decil de referencia.

Cabe aclarar que LP2 y LP3 fueron líneas de pobreza provisionales sugeridas por el CT, la metodología oficial hizo algunos cambios. LP1 fue mantenida igual y se le denominó pobreza alimentaria. Luego se obtuvo la línea de pobreza de capacidades, la cual es similar a LP2 pero sólo incluye gastos en alimentación, salud y educación.⁶⁴ Y posteriormente la línea de pobreza de patrimonio es igual a la de capacidades con la adición de los gastos en calzado, vestido, vivienda y transporte público (esto es, similar a LP2).⁶⁵ A partir de estos gastos se hace el mismo cálculo con los deciles de referencia y se obtiene un coeficiente de Engel para que comparándolo con el costo de la canasta alimentaria se obtengan las líneas de pobreza respectivas. En esto consiste la mayor diferencia entre la metodología propuesta por el CT y la usada por SEDESOL, lo cual resulta en líneas de pobreza menores y consecuentemente también en resultados menores en las medidas de pobreza.⁶⁶

Posteriormente, Székely define cómo ha de hacerse la comparación de estas mediciones. Se parte de las 3 canastas que definen las líneas de pobreza alimentaria, de capacidades y de patrimonio. Estas canastas se separan por rubros y cada rubro se deflacta según el Índice Nacional de Precios al Consumidor. Székely destaca que los cambios que han sufrido los rubros sólo han sido en precisión, por lo que estos rubros se mantienen comparables.⁶⁷ Después de sacar el valor de las mismas canastas para cada año se vuelven a sacar los coeficientes de Engel comparando las canastas, como se hizo anteriormente, y se sacan las nuevas líneas de pobreza a partir de los valores de las canastas alimenticias para cada año.

⁶³ *Ibid.*, p.164

⁶⁴ *Ibid.*, p.318

⁶⁵ *Ibid.*, pp.318-320

⁶⁶ Como las líneas de pobreza establecidas por SEDESOL implican una menor cantidad de gastos que aquellas establecidas por el CT, el nivel de ingreso que se requiere para cumplir con éstas es menor. Así utilizar las líneas de SEDESOL tendrá como resultado que menor número de familias estén bajo esa categoría.

⁶⁷ *Ibid.*, p.322

2.1.1.3. CUANTIFICACIÓN CON BASE EN LAS LÍNEAS DE POBREZA

Para poder clasificar a los individuos, es necesario elegir, por un lado, una fuente de datos, y por otro, aquello que va a ser comparado con las líneas de pobreza. Para la fuente de datos el CT elige la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), pues ésta ofrece la posibilidad de conocer tanto los recursos corrientes como los gastos monetarios y no monetarios de los hogares.⁶⁸ Sin embargo, tiene algunos problemas como que tiene representatividad nacional, rural y urbana y no por entidad federativa o región. Las encuestas iniciales tenían pequeñas muestras que no eran suficientes para elaborar perfiles multivariados y no tenían información de nutrición, salud o valor de los activos. Las muestras diferentes, además impiden que haya un análisis dinámico, como por ejemplo la transmisión intergeneracional de la pobreza.⁶⁹

En cuanto a cuál va a ser el dato que se compara con las respectivas líneas de pobreza se tienen las alternativas de calcular con base en el ingreso o con base en el gasto. El CT afirma que el gasto es relativamente estable porque guarda una relación con el ingreso futuro que se espera obtener, éste puede dictar mejor la pobreza persistente que el flujo actual del ingreso.⁷⁰ Sin embargo el CT elige la sencillez que ofrece el tomar ingresos per cápita del hogar, esto porque los estudios de pobreza consultados por gasto y con escalas de adulto equivalente no introducen cambios significativos en la medición de la pobreza.⁷¹ Aunque vale la pena mencionar que el CT menciona la necesidad de una estimación rigurosa para economías a escala.⁷² Entonces para calificar a un hogar como pobre o no pobre según cada línea de pobreza se compara el ingreso *per cápita* del hogar con las líneas de pobreza.

Para medir el ingreso corriente total de los hogares se suman las percepciones de sus miembros y se considera tanto el ingreso monetario como en especie. El ingreso monetario viene de remuneraciones al trabajo, ingresos por negocios propios, renta de capital, transferencias, ingreso por cooperativas y otros ingresos.⁷³ Los ingresos no monetarios

⁶⁸ *Ibid.*, p.144.

⁶⁹ *Ibid.*, p.145.

⁷⁰ *Ibid.*, pp. 153-154.

⁷¹ *Ibid.*, p. 154.

⁷² *Ibid.*, p. 186

⁷³ *Ibid.*, p.159.

vienen de imputar un valor al autoconsumo, al pago en especie, a los regalos recibidos en especie y finalmente a estimar la renta por el uso de la vivienda propia.⁷⁴ Una vez obtenidos estos valores expresados en pesos con el mismo poder adquisitivo, se calcula el ingreso corriente total mensual promediando los ingresos correspondientes a seis meses. Este ingreso se divide entre el número de miembros del hogar y así se saca la cifra que se compara con las líneas de pobreza.⁷⁵

2.1.1.4. INTENSIDAD Y DESIGUALDAD DE LA POBREZA

El CT también sugiere una metodología para determinar la incidencia, la intensidad y la desigualdad de la pobreza. Ésta consiste en los índices Foster, Greer y Thornbecke (Índices FGT):

$$FGT = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=q} \left(\frac{L - Y_i}{L} \right)^\alpha$$

Donde n es igual al número de hogares, Y_i es el ingreso per cápita del i-ésimo hogar, L es la línea de pobreza y q es el número de individuos pobres. El valor de α determina lo que se quiere medir. Cuando α tiene el valor de 0 el índice da la medida de incidencia, esto es la proporción de hogares pobres en la población. Cuando α tiene el valor de 1 se obtiene la profundidad o intensidad que señala la brecha promedio entre los ingresos de los hogares en condición de pobreza y la línea de pobreza. Finalmente, cuando α tiene el valor de 2 se obtiene la severidad entre los pobres, representa la brecha de pobreza proporcional entre los pobres.⁷⁶

2.1.1.5. OBSERVACIONES SOBRE LA METODOLOGÍA DE LÍNEAS DE POBREZA

Hay varias cosas que vale la pena destacar sobre esta metodología. El uso de los coeficientes de Engel podría hacer parecer que las líneas de pobreza son determinadas de una manera formal. Sin embargo, todas las líneas están basadas en una canasta básica que se basa en un hogar hipotético que supuestamente cubre las necesidades alimenticias

⁷⁴ *Ídem.*

⁷⁵ *Ibid.*, p.160

⁷⁶ *Ibid.*, pp.203-204

determinadas por la FAO.⁷⁷ La distinción de las canastas básicas parte de las distinciones entre hábitos de consumo entre la población urbana y rural. Sin embargo estas distinciones de consumo parten en gran medida en las diferencias que tienen en el acceso a alimentos nutritivos y no a una verdadera diferencia entre las necesidades de consumo. De esto sale que la línea de pobreza alimenticia rural sea menor porque la población rural es más pobre que la población urbana.

Un segundo problema en las definiciones de líneas de pobreza viene de la ambigüedad de los términos. El hecho que las líneas de pobreza se basen en que las necesidades a las que los nombres hacen referencia se satisficieran si todo el gasto del hogar se ocupe en los rubros que determina cada línea; oculta el hecho que hay gastos no contemplados y en los que la población tiene que incurrir por lo que ni si quiera estar sobre la línea de pobreza patrimonial garantiza que el hogar tenga acceso a la canasta alimentaria.⁷⁸ Es decir, el nombre de la línea de pobreza alimentaria oculta el hecho que hasta aquellos que caen por debajo de esa línea también tienen que gastar en vestido y vivienda por lo que estar sobre esa línea de pobreza no garantiza el acceso a la alimentación mínima.

Dadas estas dos observaciones, mi punto de vista es que las líneas de pobreza son insuficientes pues no ayudan a entender realmente la situación de pobreza en México por sí mismas ni permiten comparar la situación urbana con la situación rural. Por eso no me parece que cumplan con los objetivos preliminares que había establecido el Comité Técnico para la medición de la pobreza; establecer la magnitud del problema y caracterizar el fenómeno para el diseño de políticas. No puede establecer la magnitud del problema porque las líneas de pobreza no llegan a indicar una situación mínima de bienestar razonable. Con las líneas establecidas el problema se muestra con una magnitud mucho menor de la que realmente tiene. Por lo mismo, esto no permite diseñar políticas adecuadas ya que cualquier política que se diseñe con base en estas mediciones buscará atacar un problema con

⁷⁷ *Óp. cit.* ONU-CEPAL (1992) p. 25. Según el informe “Necesidades de energía y de proteínas: informe de una reunión consultiva conjunta FAO/OMS/UNU de expertos” Las necesidades alimenticias de alguien que desarrolla actividades rurales sería de 3,300 Kcal/día para hombres y 2,300 Kcal/día para mujeres, mientras que para actividades más urbanas sería 2,800 Kcal/día para hombres y 2,150 Kcal/día para mujeres (según el peso promedio). Sin embargo el documento ONU-CEPAL especifica que se requieren 2,220 Kcal/día para el área urbana y 2,180 Kcal/día para el área rural. Esto significa que un hombre de área rural en México requiere 51.37% más calorías para su funcionamiento diario de lo que la canasta básica le proporcionaría.

⁷⁸ Sin tomar en cuenta que la disponibilidad de tal canasta está limitada en muchas zonas rurales.

magnitud menor a la que realmente existe y las políticas resultantes serán siempre insuficientes.

Sin embargo, me parece que la manera en que las líneas de pobreza están definidas y la metodología para definir las según el año, permite que sí puedan cumplir con los objetivos de evaluar tanto los cambios en las condiciones como los cambios en la política. Y por ello me parece que sí son de gran utilidad para los objetivos de la presente tesis.

2.1.2. METODOLOGÍA MULTIDIMENSIONAL

La medición multidimensional de la pobreza proviene de la Ley General de Desarrollo Social (LGDS). Ésta establece que la medición de la pobreza debe efectuarse cada dos años a nivel estatal, cada cinco a nivel municipal y que para ser elaborada debe utilizarse la información que genera el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). También indica, en el artículo 26 que debe considerar los siguientes lineamientos:⁷⁹

- Ingreso corriente per cápita.
- Rezago educativo promedio en el hogar.
- Acceso a los servicios de salud.
- Acceso a la seguridad social.
- Calidad y espacios de la vivienda.
- Acceso a los servicios básicos en la vivienda.
- Acceso a la alimentación.
- Grado de cohesión social.

Tomando estos lineamientos como base, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) propuso una metodología para la medición de la pobreza que sea multidimensional. Así entendida, la pobreza se concibe, de manera provisional⁸⁰, como: “una serie de carencias definidas en múltiples dominios, como las oportunidades de participación en las decisiones colectivas, los mecanismos de apropiación de recursos o las titularidades de derechos que permiten el acceso al capital físico, humano

⁷⁹ CONEVAL (2012) pp. 1-2.

⁸⁰ Más adelante se provee la definición de pobreza multidimensional que surge de los criterios metodológicos.

o social, entre otros”.⁸¹ CONEVAL indica que su concepción de pobreza considera sólo los espacios del bienestar económico y de derechos sociales, mientras que usa un contexto territorial como herramienta de análisis sobre el entorno del desenvolvimiento de los procesos sociales que comprenden u originan la pobreza.⁸²

El enfoque de bienestar busca identificar las dimensiones y condiciones que limitan a las personas para desarrollarse plenamente. Este desarrollo de capacidades se da según las circunstancias y preferencias de las personas particulares y se desenvuelve en un abanico de opciones de vida que cada persona puede elegir. Si este abanico no incluye opciones que le permitan tener condiciones de vida aceptables dentro de su sociedad, se considera que el individuo es pobre. La manera en la que se mide esta aproximación es la disponibilidad de recursos económicos disponible, por lo que se reconoce la centralidad del ingreso para la adquisición de bienes y servicios.⁸³ En otras palabras, el enfoque de bienestar que toma CONEVAL comprende el bienestar como la capacidad de acceso a este desde el ingreso monetario y no monetario.

El enfoque de derechos se basa en la perspectiva de que cada individuo debe tener asegurados un conjunto de derechos sociales o garantías que sean irrenunciables e insustituibles. Tal enfoque entiende a la pobreza como la negación de derechos humanos.⁸⁴

El enfoque de cohesión social es un reconocimiento de cómo los factores contextuales, determinados a escala territorial, tienen influencia sobre la sociedad. Estos factores se conciben como brechas de bienestar, mecanismos de integración y sentidos de pertenencias. El espacio de cohesión social es así integrado por tres dimensiones: la de las percepciones, la de las brechas económicas y sociales, y la de los mecanismos institucionales de inclusión o exclusión social (ya sea de mercado, del Estado, o de la sociedad civil).⁸⁵

⁸¹ *Ibid.* p. 8.

⁸² *Ibid.* p. 19

⁸³ *Ibid.* p. 9.

⁸⁴ *Ibid.* p. 10.

⁸⁵ *Ibid.* p.12.

2.1.2.1. CRITERIOS METODOLÓGICOS

A partir de esta concepción de la pobreza, como carencia definida en múltiples dominios, y de los requisitos especificados en la LGDS, CONEVAL estableció 10 criterios metodológicos para la definición, identificación y medición de la pobreza:⁸⁶

1. Cumplir con los ordenamientos de la LGDS y las demás disposiciones normativas aplicables.
2. Generar resultados que permitan identificar a la población en situación de pobreza.
3. Incorporar indicadores pertinentes.
4. Permitir conocer la contribución de las entidades federativas y los municipios a la pobreza nacional.
5. Identificar la contribución de cada dimensión a la pobreza.
6. Ser disgregable para distintos grupos de población.
7. Realizar mediciones comparables a lo largo del tiempo.
8. Ser aplicable a partir de la información que proporciona el INEGI.
9. Brindar un marco analítico apropiado para analizar las carencias de la población a identificar las regiones y grupos sociales con mayores carencias.
10. Satisfacer un conjunto de propiedades axiomáticas, tales como la monotonía y la normalización, entre otras.

A partir de estos criterios metodológicos se establece una definición de pobreza multidimensional:

Una persona se encuentra en situación de pobreza multidimensional cuando no tiene garantizado el ejercicio de al menos uno de sus derechos para el desarrollo social, y si sus ingresos son insuficientes para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades.⁸⁷

Dada esta definición y estos criterios, lo siguiente es la identificación de la población en situación de pobreza. CONEVAL realiza esto en dos etapas: en una primera etapa se determina si los ingresos de una persona son insuficientes para la satisfacción de sus necesidades y si presenta alguna carencia entre los seis indicadores que corresponde a la

⁸⁶ *Ibid.* p. 18.

⁸⁷ *Ibid.* p. 20.

dimensión del enfoque de derechos; en la segunda etapa se combinan los indicadores generados en la etapa previa para poder identificar a la población en situación de pobreza multidimensional.⁸⁸

2.1.2.2. IDENTIFICACIÓN DE POBLACIÓN SEGÚN BIENESTAR ECONÓMICO

Para identificar si los ingresos de una persona son insuficientes para la satisfacción de sus necesidades, se definen dos líneas de ingreso: la línea de bienestar y la línea de bienestar mínimo. La línea de bienestar identifica a la población que no cuenta con los recursos suficientes para adquirir los bienes y servicios necesarios para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias, mientras que la línea de bienestar mínimo identifica a quienes no tienen los ingresos suficientes para satisfacer sólo sus necesidades alimentarias.⁸⁹

Para la determinación de las líneas de bienestar y bienestar mínimo se establecieron los siguientes criterios específicos:⁹⁰

- Emplear el corte de 2,500 habitantes para la definición de los ámbitos rural y urbano.
- Determinar las líneas de bienestar y bienestar mínimo a partir de los patrones observados de gasto y consumo.
- Utilizar la ENIGH 2006 como fuente de datos para la construcción de las líneas de bienestar y bienestar mínimo.
- Construir el ingreso a nivel del hogar y definir si se encuentra por debajo de la línea de bienestar y de bienestar mínimo y asignar a todas las personas de una misma unidad doméstica la característica del hogar al que pertenecen.
- Considerar como referencia las metodologías en uso del ámbito internacional.

Así se determina una línea de bienestar que corresponde a la suma de los costos de la canasta alimentaria y no alimentaria, y una línea de bienestar mínimo que corresponde al costo de la canasta alimentaria. Además se parte de la definición de ingreso corriente total,

⁸⁸ *Ibid.*, pp.21-22.

⁸⁹ *Ibid.*, p. 22.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 34.

que se compone de la suma de las percepciones de todos los miembros del hogar, monetarios y no monetarios, e incluye las remuneraciones al trabajo, el ingreso por la explotación de negocios propios, la renta del capital, las transferencias, los ingresos por cooperativas, el valor imputado por autoconsumo, el pago y los regalos recibidos en especie y una estimación de la renta por el uso de la vivienda propia.⁹¹

Esta parte de la metodología multidimensional está fuertemente basada en la metodología de línea de bienestar establecida por el Comité Técnico para la Medición de la Pobreza, por esta razón aquí se realizará una exposición comparativa. Las distinciones técnicas entre el establecimiento de las líneas de pobreza en las dos metodologías giran en torno al establecimiento de las canastas básicas. Si comparamos ambas canastas salen a la vista las diferencias.

Tabla 3: Canasta Urbana (gr/día)⁹²

Grupo alimenticio	CT 2005	CONEVAL 2010
Cereales y derivados	303.1	239.5
Carnes	124.4	103.3
Leches y derivados	185.1	215.3
Huevos	51	33.4
Aceites y grasas	31	10.9
Tubérculos y raíces	47.4	44.6
Leguminosas	55.8	50.6
Verduras	90	115.5
Frutas	120	119.2
Azúcar	60.5	15.1
Alimentos procesados	20	8.7
Bebidas	125	225.1
Costo total ⁹³	\$949.38	\$874.73

⁹¹ *Ibid.*, pp. 34-35

⁹² Fuentes: CONEVAL (2012) pp.74-75 y ONU-CEPAL e INEGI (1993) pp. 104-105 respectivamente. Las canastas de CONEVAL además incluyen agua embotellada que no se incluyen en esta tabla porque no satisfacen ningún requerimiento calórico pero debe considerarse para el costo total.

Tabla 4: Canasta Rural (gr/día)⁹⁴

Grupo alimenticio	CT 2005	CONEVAL 2010
Cereales y derivados	360.3	342.2
Carnes	117	113.6
Leches y derivados	145	156
Huevos	45.7	29.6
Aceites y grasas	29	17.6
Tubérculos y raíces	30.6	32.7
Leguminosas	71.6	63.7
Verduras	83	117
Frutas	98	105.5
Azúcar	59.2	20
Alimentos procesados	13.5	3.5
Bebidas	105	106.2
Costo total ⁹⁵	\$706.69	\$613.80

En esta comparación se vuelve evidente que el CONEVAL ha tomado decisiones metodológicas que la han llevado a decidirse por canastas alimenticias con menores requerimientos calóricos y de menor costo que llevan a indicadores mínimos de bienestar menores que aquellos que habían sido establecidos por el CT y por Sedesol en 2004. La razón de la diferencia de ambas canastas básicas surge a partir del hecho que la metodología multidimensional se basaba en un reporte de la FAO de 1985 mientras que la metodología multidimensional construye sus líneas de pobreza con el reporte actualizado en 2004.⁹⁶ Sin embargo siendo que en ambos tipos de canasta, tanto rural como urbana, hay una disminución de la masa total de los alimentos en la mayoría de los rubros (excepto por pequeños aumentos en leches y, para la canasta rural, carnes que implicaban una

⁹³ A precios de Agosto de 2008

⁹⁴ Fuentes: CONEVAL (2012) pp.74-75 y ONU-CEPAL e INEGI (1993) pp. 104-105 respectivamente.

⁹⁵ A precios de Agosto de 2008

⁹⁶ *Óp. cit.*, CONEVAL (2012) pp.70-73.

proporción poco significativa de los requerimientos calóricos) podríamos asumir que la línea de pobreza que de ahí se deriva es menor.

En cuanto a las necesidades no alimenticias, vale la pena comparar el nivel de pobreza de patrimonio de la metodología líneas de pobreza con el de la línea de bienestar de la metodología multidimensional.⁹⁷

Tabla 5: Comparación Canasta No alimentaria

Urbana		Rural	
CT 2005	CONEVAL 2010	CT 2005	CONEVAL 2010
\$1,904.84	\$1,921.74	\$1,282.36	\$1,202.80

En este caso las diferencias son mucho menores, sin embargo existen y, nuevamente, la metodología multidimensional establece líneas menores que darán como resultado porcentajes menores de población para cada ámbito de pobreza.

2.1.2.3. IDENTIFICACIÓN DE POBLACIÓN CON PRIVACIONES SOCIALES

La identificación de las carencias según los derechos sociales se realiza en dos fases. En una primera fase se identifica la carencia en cada hogar particular para cada uno de los seis indicadores. Esto se expresa en una variable dicotómica que tomará el valor de 1 cuando se presente la privación y 0 cuando no se presente. Sumando los seis indicadores se obtiene el índice de privación social el cual se compara con dos umbrales de privación, un umbral de privación y un umbral de privación extrema con valores de 1 y 3 respectivamente.⁹⁸

Para definir cada indicador, CONEVAL se guio por una serie de criterios generales:⁹⁹

- La unidad de análisis son las personas; cuando no es posible hacer una medición a nivel individual, se hace a nivel del hogar o de la vivienda y se asigna el valor correspondiente a todas las personas dentro de una misma unidad doméstica o vivienda.

⁹⁷ Fuentes: CONEVAL 2009 p.5 y CONEVAL (2012) p.79.

⁹⁸ *Óp. cit.* CONEVAL (2012) pp. 22-23.

⁹⁹ *Ibid.* p. 36.

- Los indicadores de carencia deben expresar aspectos fundamentales del ejercicio de cada derecho.
- Los indicadores deben estimarse de manera confiable, válida y precisa a nivel estatal y municipal, con información generada por el INEGI.
- Los indicadores deben identificar claramente a la población con carencia, a fin de construir indicadores dicotómicos.
- Debe ser posible la reducción del nivel de carencia, incluso a cero, lo que implica que debe ser factible superar la carencia asociada.

A partir de la definición de los indicadores se necesita un umbral o norma desde el cual se define si una persona presenta una carencia en particular, para su establecimiento se determinaron los siguientes criterios metodológicos específicos:¹⁰⁰

1. Aplicar las normas legales, si existen.
2. Aplicar criterios definidos por expertos de instituciones públicas especialistas en la materia de cada indicador de carencia.
3. Aplicar criterios basados en los resultados de análisis estadísticos.
4. Determinar el umbral por parte de la Comisión Ejecutiva del CONEVAL, después de haber tomado en consideración la opinión de personas expertas en la materia.

A partir de esto CONEVAL establece los criterios particulares para evaluar a los individuos según cada uno de los indicadores del siguiente modo:¹⁰¹

- Rezago Educativo:
 - Tiene de tres a quince años, no cuenta con la educación básica obligatoria y no asiste a un centro de educación formal.
 - Nació antes de 1982 y no cuenta con el nivel de educación obligatoria vigente en el momento en que debía haberla cursado (primaria completa).
 - Nació a partir de 1982 y no cuenta con el nivel de educación obligatoria (secundaria completa).
- Carencia por acceso a servicios de salud:

¹⁰⁰ *Ídem.*

¹⁰¹ *Ibid.* pp. 37-46

- No cuenta con adscripción o derecho a recibir servicios médicos de alguna institución que los presta, incluyendo el Seguro Popular, las instituciones públicas de seguridad social (IMSS, ISSSTE federal o estatal, Pemex, Ejército o Marina) o los servicios médicos privados.
- Carencia por acceso a la seguridad social:
 - En cuanto a la población económicamente activa, asalariada, se considera que no tiene carencia en esta dimensión si disfruta, por parte de su trabajo, de las prestaciones establecidas en el artículo 2° de la LSS (o sus equivalentes en las legislaciones aplicables al apartado B del Artículo 123 constitucional).
 - Dado el carácter voluntario de la inscripción al sistema por parte de ciertas categorías ocupacionales, en el caso de la población trabajadora no asalariada o independiente se considera que tiene acceso a la seguridad social cuando dispone de servicios médicos como prestación laboral o por contratación voluntaria al régimen obligatorio del IMSS y, además, cuenta con SAR o Afore.
 - Para la población en general, se considera que tiene acceso cuando goce de alguna jubilación o pensión, o sea familiar de una persona dentro o fuera del hogar con acceso a la seguridad social.
 - En el caso de la población en edad de jubilación (sesenta y cinco años o más), se considera que tiene acceso a la seguridad social si es beneficiario de algún programa social de pensiones para adultos mayores.
 - La población que no cumpla con alguno de los criterios mencionados, se considera en situación de carencia por acceso a la seguridad social.
- Carencia por calidad y espacios de la vivienda
 - El material de los pisos de la vivienda es de tierra.
 - El material del techo de la vivienda es de lámina de cartón o desechos.

- El material de los muros de la vivienda es de barro o bajareque; de carrizo, bambú o palma; de lámina de cartón, metálica o asbesto; o material de desecho.
- La razón de personas por cuarto (hacinamiento) es mayor que 2.5.
- Carencia por servicios básicos en la vivienda
 - El agua se obtiene de un pozo, río, lago, arroyo, pipa; o bien, el agua entubada la obtienen por acarreo de otra vivienda, o de la llave pública o hidrante.
 - No cuentan con servicio de drenaje, o el desagüe tiene conexión a una tubería que va a dar a un río, lago, mar, barranca o grieta.
 - No disponen de energía eléctrica.
 - El combustible que se usa para cocinar o calentar los alimentos es leña o carbón sin chimenea
- Carencia por acceso a la alimentación
 - El hogar presenta un grado de inseguridad alimentaria moderado o severo.

2.1.2.4. COMBINACIÓN DEL INGRESO Y EL ÍNDICE DE PRIVACIÓN SOCIAL

Una vez determinados el ingreso y el índice de privación social, las personas se clasifican en uno de cuatro cuadrantes de la siguiente figura:

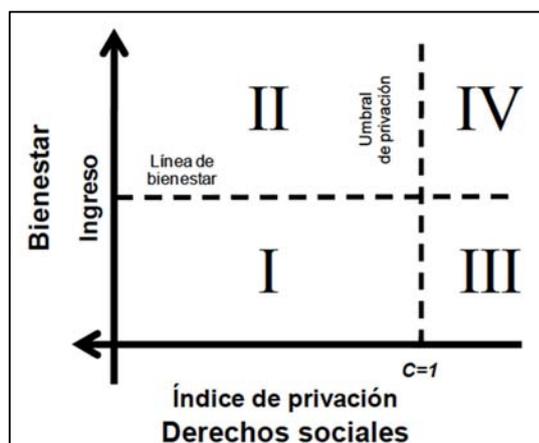


Imagen XXIV: Cuadrantes de clasificación de la pobreza multidimensional¹⁰²

Los cuadrantes son descritos de la siguiente manera:¹⁰³

- I. **Pobres multidimensionales.** Población con ingreso inferior al valor de la línea de bienestar y que padece al menos una carencia social.
- II. **Vulnerables por carencias sociales.** Población que presenta una o más carencias sociales, pero cuyo ingreso es superior a la línea de bienestar.
- III. **Vulnerables por ingresos.** Población que no presenta carencias sociales y cuyo ingreso es inferior o igual a la línea de bienestar.
- IV. **No pobre multidimensional y no vulnerable.** Población cuyo ingreso es superior a la línea de bienestar y que no tiene carencia social alguna.

Adicionando el uso de la línea de bienestar mínimo y el umbral de privación extrema se puede identificar a las personas en situación de pobreza multidimensional extrema según la siguiente figura:

¹⁰² Fuente: *Ibid.*, p. 24.

¹⁰³ *Ibid.*, p. 25.

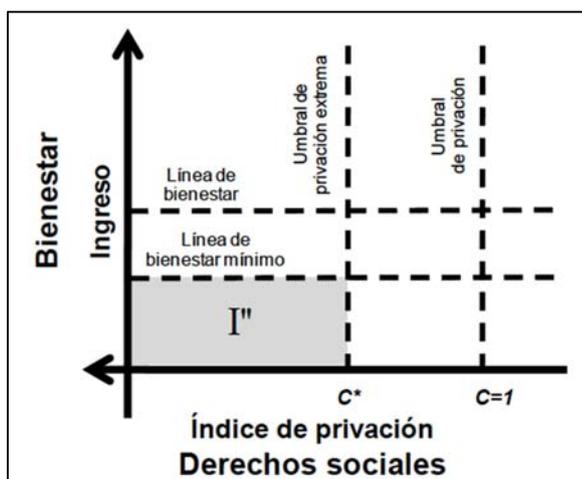


Imagen XXV: Subcuadrantes de clasificación pobreza multidimensional (2)¹⁰⁴

El subcuadrante I'' representa a la población en situación de pobreza multidimensional extrema. Esta población carece de un ingreso suficiente para adquirir los nutrientes suficientes para tener una vida sana, aún si todo el ingreso fuera consumido en alimentos. Además, esta población presenta al menos tres de las carencias sociales.¹⁰⁵ CONEVAL también define la pobreza multidimensional moderada como aquella que está en situación de pobreza multidimensional pero no se encuentra en pobreza multidimensional extrema.

2.1.2.5. INCIDENCIA, PROFUNDIDAD E INTENSIDAD DE LA POBREZA MULTIDIMENSIONAL

Una vez ubicada a la población, se generan tres tipos de indicadores agregados de pobreza, incidencia, profundidad e intensidad. En cuanto a incidencia se realizan trece indicadores que reporta el CONEVAL:¹⁰⁶

1. Población con un ingreso inferior a la línea de bienestar.
2. Población con un ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo.
3. Carencia por rezago educativo.
4. Carencia de acceso a los servicios de salud.

¹⁰⁴ Fuente: *Ibid.*, p. 26.

¹⁰⁵ *Ídem.*

¹⁰⁶ *Ibid.*, p. 28

5. Carencia de acceso a la seguridad social.
6. Carencia por la calidad y espacios de la vivienda.
7. Carencia por servicios básicos en la vivienda.
8. Carencia de acceso a la alimentación.
9. Población con una o más carencias sociales.
10. Población con tres o más carencias sociales.
11. Población en pobreza multidimensional.
12. Población en pobreza multidimensional extrema.
13. Población en pobreza multidimensional moderada.

Por otro lado se crean dos índices de profundidad de la pobreza. El primero con base en el indicador Foster, Greer y Thornbecke.¹⁰⁷ El segundo es el índice de privación social en el que se reporta la profundidad de las carencia mediante el número y la proporción promedio de carencias sociales.

Para la intensidad se crean tres indicadores. El primero es la intensidad de la pobreza multidimensional la cuál es el producto de la medida de incidencia de la pobreza multidimensional y la proporción promedio de carencias sociales de la población pobre multidimensional. La intensidad de la pobreza multidimensional extrema se define como el producto de la incidencia de la pobreza multidimensional extrema y la proporción promedio de carencias sociales de la población pobre multidimensional extrema. Finalmente, la intensidad de la privación de la población con al menos una carencia que se define como el producto de la medida de incidencia de la población que tiene al menos una carencia social y la proporción promedio de carencias de esa población.

2.1.2.6. GRADO DE COHESIÓN SOCIAL

Para definir el grado de cohesión social, CONEVAL parte de tres aspectos fundamentales: su unidad de análisis son las comunidades o grupos sociales, debido a la naturaleza relacional del concepto; no se define si la cohesión social es parte intrínseca o no de la pobreza debido a que no se sabe si es causa o efecto de ésta; y una sociedad más equitativa

¹⁰⁷ El funcionamiento de este indicador fue explicado en la sección de la metodología de líneas de pobreza en este mismo documento.

puede generar mejores condiciones para desarrollar la cohesión entre sus miembros.¹⁰⁸ La cohesión social se mide a nivel municipal y estatal y parte de cuatro indicadores: la desigualdad económica (caracterizada por el coeficiente del Gini); la razón de ingreso de la población pobre multidimensional extrema respecto a la población no pobre multidimensional y no vulnerable, la polarización social y el índice de percepción de redes sociales (a nivel estatal).¹⁰⁹

2.1.2.7. FUENTES DE INFORMACIÓN

Para poder obtener la información necesaria para aplicar esta metodología se diseñó el Módulo de Condiciones Socioeconómicas 2008 (MCS-ENIGH 2008), que amplía los ámbitos de estudio de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) del mismo año. Este módulo permite disponer de información confiable a nivel estatal sobre los ingresos, las características sociodemográficas y los indicadores de la medición de la pobreza multidimensional.¹¹⁰

2.1.3. ¿QUÉ MIDE LA MEDICIÓN DE LA POBREZA?

Desde su surgimiento, el modo de producción capitalista ha mantenido la característica esencial de generar una distribución desigual de los bienes producidos. Esta desigualdad se genera no sólo mediante el modo de distribución de ganancia conocido como el trabajo asalariado sino también mediante las irregularidades inherentes al sistema de mercado.

Durante el siglo XIX estas desigualdades llevaron a una serie de revueltas sociales en Europa que coincidieron con el surgimiento del Estado-Nación contemporáneo. Durante este tiempo mientras el modelo económico generaba desigualdad, surgía un modelo político que buscaba hacerse cargo de la totalidad de los asuntos públicos de una misma nación. De este modo la pobreza se convirtió en una responsabilidad del Estado.

Los Estados siguen declarándose responsables del problema de la pobreza, pero más de un siglo después ésta sigue siendo un problema sin resolver. Para resolver este problema,

¹⁰⁸ *Ibid.*, p. 47.

¹⁰⁹ *Ibid.*, p. 48.

¹¹⁰ *Ibid.*, p. 48.

es necesario entenderlo, y parte de entender la pobreza es medirla. La medición de la pobreza es una herramienta que nos permite entender la situación actual y permite al gobierno determinar la efectividad de su política social.

Esta medición comenzó como sólo una medición de ingresos de la población y una comparación de éstos con ciertas magnitudes llamadas Líneas de Pobreza. La metodología de medición cambió para incluir otras dimensiones más allá del ingreso que reflejaran mejor las condiciones de vida de la población y las carencias que esta puede sufrir. Sin embargo no se abandonó la dimensión del ingreso, que, en una economía donde el mercado es el principal mecanismo de distribución de satisfactores de necesidades, se mantiene como una medida que vislumbra el acceso que cada individuo pueda tener a ciertos niveles de condiciones de vida.

En las mediciones de pobreza por nivel de ingreso se hace uso de canastas alimentarias y no alimentarias para determinar si los hogares cuentan con el suficiente ingreso para satisfacer sus necesidades mediante el mecanismo de mercado. Esta metodología tenía cuatro objetivos, entre los cuáles unos son cumplidos mejor que otros y vale la pena hacer una revisión de ellos.

El primer objetivo que se buscaba era el de establecer la magnitud del problema de la pobreza. Este objetivo se cumple en cierta medida, permite ver cuántas personas y qué porcentaje de la población tienen ingresos por debajo de cierto nivel. Sin embargo encontramos muchos problemas para cumplir este objetivo. El primero es en el establecimiento del grupo de referencia. Como afirma Boltvinik: “La opción de elegir como estrato de referencia a los pobres conlleva, abierta y explícitamente, a convertir la realidad de insatisfacción de éstos en la norma para las necesidades no alimentarias, dejando claro que su satisfacción o insatisfacción es irrelevante.”¹¹¹ Esta elección de grupo de referencia establece una línea normativa que ya se encuentra dentro de un margen de necesidades insatisfechas.

Un segundo problema es que las líneas distan mucho de describir la situación de las familias en estas condiciones. Por ejemplo, uno asumiría que si alguien no se encuentra en pobreza alimentaria eso querría decir que tiene acceso a un ingreso que le permite alimentarse adecuadamente. Sin embargo esta línea de pobreza no toma en cuenta que hasta

¹¹¹ Boltvinik (2005) p. 213.

quienes están en terribles condiciones de pobreza necesitan hacer otros gastos y no gastan todo su dinero en alimentos por lo que para cubrir todas las necesidades alimentarias una familia necesita un ingreso bastante mayor que el de la línea de pobreza alimentaria. Además, como afirma Boltvinik: “(...) no tienen ninguna utilidad identificar a hogares con este nivel de ingreso, ya que el costo de la [Canasta Alimentaria] no incluye los gastos necesarios para la preparación y el consumo de alimentos (e.g. utensilios de cocina, platos, etc.), por lo que la mayor parte de los alimentos no podrían consumirse.”¹¹² Esto es, incluso gastando todo el ingreso en alimentos, no podrían satisfacer sus necesidades alimentarias pues no tendrían los recursos necesarios para convertir estos alimentos en insumos nutricionales.

También es importante tomar en cuenta que se establecieron ciertas diferencias arbitrarias entre las canastas urbana y rural que no hacen mucho sentido, lo que tiene como consecuencia que no permite entender adecuadamente la diferencia entre ambas situaciones de pobreza.

El segundo objetivo consistía en una caracterización del fenómeno para que se pudiera hacer un mejor diseño de las políticas sociales que buscaran resolver esto. Este objetivo me parece una exigencia demasiado elevada para una medición de la pobreza. Un fenómeno como el de la pobreza no es caracterizable mediante una simple magnitud, una escala cuantitativa que determina cuántos tienen un ingreso menor. Una caracterización apropiada de la pobreza requeriría un análisis económico más amplio en el que se establezca no sólo el fenómeno de la pobreza sino las causas económicas, políticas y culturales.

El tercer objetivo es el de la evaluación de los cambios en las condiciones de vida de la población. En un sentido limitado, este es el objetivo que mejor cumple la metodología. Su mayor ventaja es que hace mediciones comparables a través del tiempo. El tener mediciones con la misma metodología para distintos años muestra como la condición de pobreza de ingresos cambia y siendo que el ingreso, en una sociedad de economía de mercado, determina muchos de los elementos de las condiciones de vida, es posible

¹¹² *Ibid.*, p.207.

observar con el comportamiento de estos índices, como ha cambiado la vida de la gente en el tiempo.¹¹³

El último objetivo, que me parece el más importante, es el de evaluar la incidencia de política social sobre la pobreza. Me parece que para poder hacer la evaluación de la política social no es suficiente con la medición de la pobreza, pero ésta es algo absolutamente necesario. Como veremos más adelante, gracias a este sistema, podemos hacer justamente esta evaluación cuando se observa como los cambios en la política social y los cambios en las condiciones de pobreza de la población se relacionan. Además de evaluar la política social, esto permite evaluar la política económica, permitiendo buscar las relaciones entre el comportamiento de los indicadores de pobreza y otros indicadores económicos.

Vale la pena destacar una interesante consecuencia de medir la pobreza por medio de ingresos, cuando la ENIGH posibilita perfectamente medirla mediante el gasto. Boltvinik afirma que: “No tiene sentido alguno que, como país, levantemos encuestas de ingresos y gastos de los hogares para después hacer a un lado los datos de gastos”.¹¹⁴ Pero me parece que el sentido de hacerlo de este modo es muy claro. La política social en México se ha enfocado en las transferencias condicionadas, esto es en afectar directamente al ingreso de los más pobres. Una medición de la pobreza enfocada en ingreso saldrá lo más favorablemente posible pues mide el aspecto de la pobreza que se ataca más directamente. En otras palabras coincide el régimen focalista de política social con una evaluación focalista del régimen.

El análisis de ambas metodologías permite realizar un par de observaciones respecto al objetivo de predecir los resultados de las mediciones. La primera es que lo que se buscará predecir será el comportamiento de las mediciones basadas en la metodología de líneas de, en otras palabras, se buscará predecir el resultado de la medición de la metodología establecida por el Comité Técnico para la medición de la pobreza y la dimensión de ingreso de la metodología multidimensional, dejando de lado los otros siete indicadores de esta metodología.

¹¹³ Vale la pena aclarar que el alcance de esta tesis llegó hasta las mediciones de pobreza de 2014 antes del cambio de la metodología de levantamiento de la ENIGH realizado por INEGI que provocó que a partir de 2016 las mediciones no fueran comparables.

¹¹⁴ *Ibíd.*, p.213.

Una segunda observación es que será de suma importancia el tener como dato de entrada el movimiento de precios de los elementos que constituyen las canastas que establecen las líneas de pobreza. Esto es importante porque es el factor crucial con respecto al cual se establecen estas mediciones. Es importante saber en qué medida el comportamiento de los índices de pobreza se deben al comportamiento de las mismas líneas de pobreza establecidas.

2.2. POLÍTICA SOCIAL EN MÉXICO

Para entender el problema de la pobreza en México es crucial entender la respuesta institucional ante ello, lo que se conoce como política social, que junto con la seguridad social conforma el esquema de protección social del país.

Ziccardi ubica la política social dentro de las políticas públicas, para ella: “Las políticas públicas son las formas de intervención de una autoridad investida de poder público y de legitimidad gubernamental a la que corresponde dar las soluciones específicas para atender diferentes asuntos públicos”.¹¹⁵ Mientras que para Ives y Thoening: “El estudio de las políticas públicas no es otra cosa que el estudio de la acción de las autoridades públicas en el seno de la sociedad”.¹¹⁶ De lo cual podemos deducir que las políticas públicas se refieren a aquellas acciones que toman las autoridades públicas hacia la sociedad.

Dentro de las políticas públicas se encuentran las políticas sociales, cuya especificidad recae en el objetivo particular que tienen. Ziccardi afirma: “En este sentido, las llamadas políticas sociales son un tipo particular de políticas públicas que tienen como principal objetivo crear condiciones de equidad social, así como promover y garantizar el ejercicio de los derechos sociales”.¹¹⁷ Refiriéndose con derechos sociales a los derechos de salud, educación, vivienda y recreación. Sin embargo Ziccardi afirma que tales políticas deben adoptar criterios de universalidad.

Carlos Barba por su parte ubica la política social dentro de él régimen de bienestar el cual define como: “articulación entre la política social, el funcionamiento de la

¹¹⁵ Ziccardi (2008), p.128.

¹¹⁶ *Óp. cit.*, Ives y Thoening, p.7.

¹¹⁷ *Óp. cit.*, Ziccardi, p. 128.

economía, particularmente del mercado de trabajo y de las estrategias de bienestar de los hogares”.¹¹⁸ Barba identifica tres distintos tipos de régimen de bienestar: el conservador o corporativo, el institucional o socialdemócrata y el liberal o residual. Barba afirma que el régimen conservador se caracteriza porque busca preservar las diferencias de estatus entre los distintos grupos organizados y su enfoque de política social es moderadamente desmercantilizador ya que se basa en el subsidio como intervención pública cuando la capacidad de las familias para protegerse se agota. El institucional o socialdemócrata tiene una política social universal que es altamente desmercantilizadora y alteran significativamente la estructura social del mercado, asumiendo a la pobreza y a la desigualdad como productos estructurales del mercado busca fijar niveles mínimos de bienestar para todos los ciudadanos.¹¹⁹ En los regímenes residuales se protege el papel central del mercado, por lo que la cuestión social se reduce a problemas de pobreza extrema, necesidades básicas insatisfechas y vulnerabilidad social. En estos regímenes se subordina la política social a imperativos de disciplina fiscal y presupuestal.¹²⁰

Tomando esto en cuenta tenemos que afirmar que el carácter de la política social no adopta necesariamente criterios de universalidad. En particular a finales del siglo XX y principios del XXI donde el paradigma de régimen de bienestar torna a ser liberal y residual. Desde este punto de vista vamos a entender a la política social como la intervención pública en la sociedad que tiene el objetivo de proteger a sectores de la sociedad que se encuentran en situación de vulnerabilidad social.

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece los principios de la protección social en México a través de una variedad de artículos. En primera instancia el artículo tercero otorga el derecho a la educación y pone al Estado como el encargado de impartirla. El artículo cuarto establece derecho a alimentación nutritiva y de calidad, protección a la salud, a un medio ambiente sano, disposición de agua, una vivienda digna y decorosa, y también el acceso a la cultura. El artículo 123 establece derechos laborales a los trabajadores incluida la ley de seguro social y un salario mínimo que permita satisfacer las necesidades normales de un jefe de familia.

¹¹⁸ Barba (2011), p.53.

¹¹⁹ *Ibid.*, p.44

¹²⁰ *Ibid.*, p.50

El desarrollo de la política social que se instituyó en México, puede entenderse en una serie de etapas. Carlos Javier Cabrera Adame indica cuatro etapas. Identifica que la primera etapa, que inicia en los años veinte del pasado siglo y concluye en 1959, se caracteriza por una desatención a este rubro pues el gasto social oscilaba en torno a 10% del gasto total del gobierno.¹²¹ Afirma que la segunda etapa, que inicia en 1960 y que se extiende a 1981, se destaca porque el gasto social se ubica entre 20% y 30% del gasto total.¹²² La tercera etapa en la que la participación en el gasto es menor a 20% concluye en 1989 y le sigue una última etapa en la que aumenta el gasto hasta llegar a 44% en 2010.¹²³

2.2.1. RÉGIMEN CONSERVADOR DE PROTECCIÓN SOCIAL EN MÉXICO

La primera etapa de la política social en México se caracteriza por la creación del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) en 1943, y del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSTE) en 1959.¹²⁴ Cabrera considera que en esta etapa los servicios son “estratificados”, ya que los servicios y prestaciones varían según el sector de los beneficiados.¹²⁵

Esta etapa marca un periodo en el que la política social es conservadora, de acuerdo con lo descrito por Carlos Barba, pues es un régimen de bienestar corporativo, preserva diferencias de estatus, se basa en el seguro social ligado al empleo formal.¹²⁶

Durante la segunda etapa del desarrollo de la política social, se crea el Programa Coordinado de Inversiones Públicas para el Medio Rural (PIDER) en 1968. Éste operaba a través de distintas secretarías que proveían salubridad, obras públicas, recursos hidráulicos, electricidad y crédito rural.¹²⁷ Ángeles Palacios Escobar destaca que “la falta de recursos e integración de las acciones dificultó su operación, finalizando en 1970”.¹²⁸ Por ello en 1973 surge el Programa de Inversiones Públicas para el Desarrollo Rural, que buscaba realizar

¹²¹ Cabrera (2011), p. 45

¹²² *Ídem.*

¹²³ *Ídem.*

¹²⁴ *Ibid.* pp. 23-24.

¹²⁵ *Ibid.* p.23

¹²⁶ Barba (2006), p.53

¹²⁷ Palacios (2007), pp. 146-147.

¹²⁸ *Ibid.*, p. 147.

inversiones autosustentables en comunidades rurales mediante su organización.¹²⁹ Este programa buscaba el mejoramiento de la calidad de vida de los campesinos aumentando la productividad agrícola mediante el desarrollo de infraestructura. Llegó, en 1982, a tener una cobertura de 133 microrregiones en 117 municipios que representaba el 54% de la superficie nacional.¹³⁰ Palacios Escobar destaca que el PIDER fue el primer programa focalizado de combate a la pobreza, y el primer esfuerzo institucional para combatir la pobreza rural.¹³¹

A esta etapa también corresponde la fundación de la Coordinación General de Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (Coplamar) que inicia en enero de 1977. Este programa inicia en el sexenio de José López Portillo e inaugura la tradición de iniciar sexenios presidenciales con fundaciones de programas sociales. Este programa buscaba tanto realizar la potencialidad productiva de sectores marginados de la población, como lograr una remuneración justa y acceso a bienes de consumo. Buscaba ser mediador entre los sectores marginados y el resto del mercado para garantizar mayor acceso y justicia en negociaciones.¹³² Palacios indica que este programa consistía en acciones en materia de salud, educación, abasto alimentario, agua potable, construcción de infraestructura y en desarrollo de la producción agrícola desde asistencia técnica hasta crédito y apoyo en comercialización.¹³³

Esta política también incluyó convenios con el IMSS para proveer de servicios de salud en el medio rural, con la SEP para establecer un sistema de casas escuelas para niños de zonas marginadas. También hubo convenios con la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas que establecía sistemas de agua potable y mejoraba caminos. Con la Secretaría del Trabajo y Previsión Social y con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos se estableció un convenio para capacitar y emplear de manera cooperativa un fomento de recursos naturales. Finalmente se estableció un convenio con la Comisión Nacional de Subsistencias Populares (Conasupo) para abastecer a zonas marginadas.¹³⁴

¹²⁹ *Ídem.*

¹³⁰ *Ibid.*, p. 149.

¹³¹ *Ibid.*, p.150

¹³² *Ídem.*

¹³³ *Ibid.*, pp. 151-152.

¹³⁴ *Ibid.*, p. 152.

2.2.2. TRANSICIÓN AL RÉGIMEN RESIDUAL Y FOCALISTA

A partir de los años ochenta, el paradigma neoliberal alcanza una hegemonía internacional. Tal paradigma que también es adoptado en México, como afirma Cabrera, lleva a reforzar la naturaleza residual y focalista de la política social mexicana.¹³⁵ Este régimen consiste en la transferencia de recursos de fomento económico a política social enfocada en el combate a la pobreza.¹³⁶

En 1980 ante el descenso de la producción agrícola, durante la última parte del sexenio presidencial de José López Portillo (1976-1982), se crea el Sistema Alimentario Mexicano (SAM). Tiene la tarea de aumentar la producción de alimentos básicos como maíz y frijol, facilitando el acceso a créditos y aumentar el precio mínimo de éstos.¹³⁷ Palacios afirma que este programa buscaba apoyar a quienes se encontraban en situación de pobreza alimentaria.¹³⁸ Para aumentar la producción el programa buscaba incidir en toda la cadena productiva de alimentos. Inducían el cambio tecnológico para aumentar la producción, impulsaba organizaciones campesinas y pesqueras desde el ejido y la comunidad. Promovían y adecuaban el proceso de comercialización y distribución de alimentos para mejorar el acceso de la población a la canasta básica. También incluía campañas de divulgación para reorientar hábitos de alimentación.¹³⁹

La tercera etapa de política social inicia en 1981, y como se mencionó anteriormente, destaca por una disminución en la participación del gasto social en el gasto total hasta por debajo del 20%. La política consistió en el Programa Nacional de Alimentación (Pronal) que respondía a una crisis alimentaria ocurrida a principios de los ochenta y la insuficiencia del SAM para responder a ella. Heath afirma que la estrategia del gobierno se dividió en las cuatro fases de la cadena alimentaria; producción, transformación, comercialización y consumo/nutrición.¹⁴⁰ Las estrategias se basaban en

¹³⁵ Cabrera, *óp. cit.*, pp. 45-46.

¹³⁶ *Ídem.*

¹³⁷ Cárdenas Rodríguez, *óp. cit.*, p.276.

¹³⁸ Palacios, *óp. cit.*, p. 153.

¹³⁹ *Ibid.*, pp. 154-155.

¹⁴⁰ Heath (1985), p. 121.

reordenamientos y reestructuración del SAM pero buscaban estrategias de fomento a la propiedad privada, protección jurídica e incentivos.¹⁴¹

Heath también afirma que el Pronal encontraba una gran limitación por parte del Programa Inmediato de Reordenación Económica (PIRE) presentado durante el sexenio presidencial de Miguel de la Madrid (1982-1988). Declara que: “las reducciones en el gasto público frenan la expansión del aparato productivo, mientras que los topes salariales han tenido graves efectos sobre el estatus nutricional de la población de bajos ingresos”.¹⁴² Esto es, los objetivos del PIRE y el Pronal se contraponían mutuamente, y como podemos ver por la reducción del gasto público, fue el primero el que tuvo prioridad.

2.2.3. PRONASOL

La cuarta etapa de protección social comienza durante el sexenio presidencial de Carlos Salinas de Gortari (1988-1994); la etapa de mayor crecimiento en gasto social en el país. Comienza en 1988 con la sustitución del Pronal por el Programa Nacional de Solidaridad (Pronasol). Este programa, afirma Palacios Escobar, tenía principios básicos que se fundaban en el respeto y promoción de la organización comunitaria fomentando las relaciones entre la sociedad y el Estado, lo cual se buscó mediante tres líneas de acción:¹⁴³ La primera fue “Solidaridad para el bienestar social” que se enfocaba en acciones y obras de infraestructura como agua potable, drenaje, electrificación, vivienda, salud y educación. Esta línea también incluía la regularización de la tenencia de la tierra (la privatización del campo). La segunda línea es la llamada “Solidaridad para la producción”, consistía en apoyo a la actividad productiva del sector primario. La tercera línea, “Solidaridad para el desarrollo regional”, se orientó a promover la urbanización y el crecimiento de las ciudades y fortalecer la gestión municipal.¹⁴⁴

Palacios destaca que la mayor parte de los recursos de este programa fue absorbida por la inversión física mientras que la alimentación y la salud recibieron un monto mínimo. De hecho 40% fue destinado a infraestructura y el programa que más recibió inversión fue

¹⁴¹ *Ídem.*

¹⁴² *Ibid.* 116

¹⁴³ Palacios, *óp. cit.*, pp.156-157.

¹⁴⁴ *Ibid.*, pp.157-158.

el de infraestructura carretera.¹⁴⁵ Por ello destaca que el programa estuvo más orientado a abatir la marginación que la pobreza.¹⁴⁶

2.2.4. PROGRESA

Durante el sexenio presidencial de Ernesto Zedillo (1994-2000) México enfrentó una de las peores crisis económicas de su historia y el mayor incremento de la pobreza que se ha cuantificado.¹⁴⁷ Durante este sexenio se le deja de dar continuidad al Pronasol y en 1994 se crea el Programa Alimentación Salud y de Educación (PASE) que tenía el objetivo de complementar las acciones de desarrollo de infraestructura y los programas de apoyo alimentario que existían en ese momento.¹⁴⁸

Ante esta situación, en 1997 se implementa el Programa de Educación, Salud y Alimentación (Progresá) el cual se enfocó directamente a las familias y consiste en tres componentes. El primer componente fue de becas educativas y apoyos para útiles escolares. El segundo componente consiste en servicios básicos de salud, otorgamiento de papilla para evitar la desnutrición infantil, campaña de información sobre salud, nutrición e higiene y un reforzamiento de servicios de salud para aumentar la oferta. El último componente consiste en apoyos monetarios para alimentar a la familia y suplementos alimenticios para niños y para mujeres embarazadas y en período de lactancia.¹⁴⁹

Palacios indica que el apoyo monetario estaba vinculado a la asistencia a los servicios y las sesiones educativas y se actualizaba a fin de no perder poder adquisitivo.¹⁵⁰ La población objetivo eran las familias que vivían en condiciones de pobreza extrema en el medio rural, para que éstas se pudieran insertar en la sociedad de manera productiva.¹⁵¹

Palacios destaca una diferencia en particular entre Progresá y Pronasol. En primera instancia está la identificación de la pobreza extrema, una focalización sobre la ya

¹⁴⁵ *Ibid.*, pp. 159-161.

¹⁴⁶ *Ibid.*, p. 159

¹⁴⁷ El famoso “Error de Diciembre” tuvo como consecuencia que entre los años 1994 y 1996, según las mediciones de CONEVAL, el total de personas en pobreza de patrimonio aumentara en 16.95 millones mientras que el total de personas en pobreza alimentaria aumentara en 15.64 millones.

¹⁴⁸ Ziccardi (1999), p. 116.

¹⁴⁹ Palacios, *óp. cit.*, pp. 175-177.

¹⁵⁰ *Ibid.*, p.175-178.

¹⁵¹ *Ibid.*, p.178-179.

establecida focalización, la cual se determinaba comparando el ingreso mensual per cápita con el costo de la Canasta Alimenticia Normativa, la cual estaba definida por la Coordinación General del Plan para Áreas Deprimidas y Grupos Marginados (Coplamar).¹⁵² Sin embargo esto sólo formó la base del enfoque pues se clasificaron también otras características para tomar en cuenta una naturaleza multidimensional de la pobreza. La manera de dar el enfoque fue con base en la identificación de las comunidades de mayor marginación en primera instancia y no de las familias, esto llevó a que se desatendieran a poco más de 4.5 millones de familias en condiciones de pobreza extrema.¹⁵³ Esto se debió a que no atendía a familias en pobreza extrema que se encontraran en localidades de marginación media o baja y en ciudades.

La introducción de Progresá también marca un cambio de enfoque de política social, de un régimen conservador a uno residual. Según Carlos Barba estos regímenes se caracterizan por el papel central del mercado en la producción y distribución del bienestar social y el enfoque a los problemas de pobreza y vulnerabilidad extremas. Así dejan de lado la intervención pública en el mercado y la producción y distribución de bienestar, ciudadanía y derechos.¹⁵⁴

2.2.5. OPORTUNIDADES

Para el sexenio presidencial de Vicente Fox Quesada (200-2006), en 2002 se transforma el programa Progresá en el Programa de Desarrollo Humano Oportunidades. Este programa mantiene lo implementado en Progresá, aumenta el acceso de las familias pobres y cuenta con dos objetivos básicos. Principalmente busca incrementar las capacidades básicas de las familias en situación de pobreza con acciones en torno a la salud, educación y alimentación. Seguido de esto busca ampliar el acceso a oportunidades de desarrollo a aquellas familias en pobreza de capacidades, fomentando su seguridad, autosuficiencia y fortaleciendo su patrimonio.¹⁵⁵

¹⁵² *Ibíd.*, p.183.

¹⁵³ *Ibíd.*, p.186.

¹⁵⁴ Barba *óp. cit.*, p.50

¹⁵⁵ Palacios *óp. cit.*, p.193.

Este programa mantiene los componentes Educación, Salud y Alimentación de Progresá y aumenta un componente patrimonial para incentivar la conclusión de la educación media superior en los jóvenes. De igual modo se amplían los apoyos educativos para incluir a los jóvenes en educación media superior.¹⁵⁶

El programa implica además otros cambios con respecto a Progresá. Se expande la cobertura geográfica para incluir localidades semiurbanas y urbanas. Además, para identificar a las familias que reciben el apoyo se utiliza una metodología de puntajes que considera tanto condiciones de residencia como condiciones socioeconómicas.¹⁵⁷ Se incluye también un proceso de recertificación en el que se determina si una familia debe seguir obteniendo el apoyo, sin embargo éste se basa totalmente en el cumplimiento de la familia (de la madre de familia en específico) con las tareas y responsabilidades designadas y no con el cambio de su situación socioeconómica.¹⁵⁸

El programa está sujeto a evaluaciones en donde compara a las familias pobres que han recibido apoyos con aquellas familias en la misma situación económica que no los han recibido.¹⁵⁹ Cruz afirma que en materia de educación, Oportunidades incrementa la inscripción y el logro educativo y reduce la reprobación y la deserción escolar, en particular para las mujeres. En cuestiones de salud produce una reducción en tasas de mortalidad materno-infantil, en morbilidad e incapacidad así como un aumento en la utilización de servicios públicos de salud. Finalmente el programa muestra una reducción en la prevalencia de anemia, un aumento en la estatura y peso de los niños en edad temprana. También mejora la dieta de los hogares y el acceso a productos de origen animal.¹⁶⁰ También hay otros resultados menos directos como lo son las mejoras hechas a los hogares de los beneficiados y la disminución de la población infantil que trabaja, lo que se muestra a un plazo más largo.¹⁶¹

También se destaca que el programa se centra en el rol de mujeres como administradoras familiares, por lo que en ellas recae cumplir con las responsabilidades que condicionan los beneficios. Palacios destaca que estas responsabilidades las vuelven

¹⁵⁶ *Ibid.*, p.195

¹⁵⁷ Cruz (2011) *óp. cit.*, p. 179

¹⁵⁸ *Ibid.*, p. 181

¹⁵⁹ *Ibid.*, p.182

¹⁶⁰ *Ibid.*, p.183.

¹⁶¹ *Ibid.*, p.186.

dependientes de los subsidios gubernamentales pues tienen que asistir a los eventos, atender las cuestiones administrativas y responsabilizarse directamente del cuidado de la familia, y no les permiten participar en actividades que las empoderarían y harían económicamente independientes.¹⁶²

Durante el sexenio de Felipe Calderón Hinojosa (2006-2012), el programa Oportunidades no tiene cambios cualitativos radicales, sólo la bancarización, la transferencia de recursos cambia y se hace mediante tarjetas de débito y tarjetas prepagadas. En el ámbito cuantitativo, durante el sexenio de Calderón la cobertura aumentó de 5,000,000 de familias en 2006 a 5,845,056 en 2012, lo que implica un aumento de 16.9%, mientras que el presupuesto ejercido cambió en términos reales de \$44.3 MMDP a \$66.1 MMDP (tomando en cuenta la inflación) lo que implica un aumento de 49.27% . El monto promedio mensual de los apoyos que recibieron las familias beneficiadas aumentó de 529 pesos en 2007 a 830 pesos en el primer semestre de 2012.

Este sexenio se destacó por el surgimiento de una serie de programas complementarios a Oportunidades. El Programa de Apoyo Alimentario se creó en 2008 y otorga ayuda económica para familias en situación de pobreza y que no reciben los beneficios del programa Oportunidades. En 2007 se crea el programa “70 y Más” que busca proveer a todos los adultos mayores de 70 años que no cuentan con una pensión con una transferencia mensual de 500 pesos.

2.2.6. PROSPERA

El viernes 5 de septiembre de 2014 se modifica el programa Oportunidades para la creación del Programa de Inclusión Social PROSPERA. Este programa incluye lo que Oportunidades brindaba con la inclusión de nuevos componentes.

Prospera añade becas para estudios universitarios y técnicos superiores, además de un estímulo de 4,890 pesos para inscribirse en la universidad. Incluye también facilidades para afiliarse al Seguro Popular y al Seguro Médico Siglo XXI para las familias afiliadas. El Paquete Básico Garantizado de salud duplica la cantidad de servicios, pasando de 13

¹⁶² Palacios *óp. cit.*, p.195.

servicios médicos básicos a un total de 27. Se agrega un programa de suplementos alimentarios para mujeres embarazadas o en lactancia y niños de 6 meses a 5 años.

El programa Prospera también incluye un componente llamado de “inclusión financiera” que consiste en facilitar acceso a servicios financieros mediante la Banca Social Mexicana. Incluye créditos con un monto hasta 14.4% de la transferencia bimestral recibida por el programa, con pagos a 18 meses con una tasa anual de 9.9%. También incluye la posibilidad de una cuenta de ahorro, un seguro de vida, seguro de asistencia funeraria. Finalmente, este componente incluye sesiones informativas para capacitar a los beneficiarios acerca del uso de herramientas financieras.

Otro componente nuevo es el de “inserción laboral”. Este paquete vincula a los jóvenes beneficiados al Servicio Nacional de Empleo y les da prioridad así como con el programa Bécate que les provee de capacitación para la inclusión laboral. De igual modo a las familias beneficiadas se les da acceso prioritario a 15 programas federales con salidas productivas.

Un último componente que trae consigo Prospera es el proceso de Garantía de Audiencia como herramienta de defensa de las mujeres beneficiadas que puedan estar en peligro de ser dadas de baja del programa de manera injusta.

El programa fue anunciado en el 2º informe de gobierno del presidente Enrique Peña Nieto tras el proceso de reformas social y hacendaria que se dio al inicio de su sexenio. Como lo han sido los programas anteriores, tiene el objetivo de darle una marca a la actual administración. Quedan por verse los efectos que los cambios tendrán en la situación de pobreza en nuestro país.

2.2.6.1. SISTEMA NACIONAL PARA LA CRUZADA CONTRA EL HAMBRE

El miércoles 30 de abril de 2014 se publica en el Diario Oficial de la Federación el Programa Nacional México Sin Hambre 2014-2018. Este programa de política social está enfocado en la problemática de la pobreza extrema alimentaria en el país. El enfoque considera cinco ejes: la participación social, la coordinación interinstitucional e intergubernamental, la territorialidad, un enfoque productivo e innovación y estrategia de cobertura. La finalidad del eje de la participación social incluye erradicar el clientelismo y la inmovilidad burocrática, descentralización institucional, aumentar el compromiso de la

ciudadanía con los derechos civiles y aprovechar la suma de valor que esto implica. La coordinación interinstitucional busca que haya comunicación más eficiente entre los 3 niveles de gobierno y que se puedan unificar criterios. La territorialidad busca hacer la distinción entre la manera de atender a la población urbana y rural. El eje de enfoque productivo busca fortalecer las capacidades productivas de los sectores sociales en pobreza a la vez que promuevan el crecimiento económico.

El enfoque de estrategia de cobertura específica que el programa será implementado en cuatrocientos municipios seleccionados con base en la incidencia de pobreza extrema, así como en el número de personas en tal condición y personas con carencia de acceso a la alimentación. Los criterios específicos de selección son los siguientes:

1. Se ordenan los municipios de mayor a menor porcentaje de población en extrema pobreza. Se seleccionan los 167 municipios con mayor incidencia.
2. Se ordenan los municipios de mayor a menor número de personas en extrema pobreza. Se seleccionan los 184 municipios con mayor número de personas.¹⁶³
3. Se ordenan los municipios de mayor a menor porcentaje de población en extrema pobreza y que presenta carencia por acceso a la alimentación. Se seleccionan los 140 municipios con mayor incidencia.
4. Se ordenan los municipios de mayor a menor número de población en extrema pobreza y que presenta carencia por acceso a la alimentación. Se seleccionan los 150 municipios con mayor número de personas.

Después de eliminar las redundancias se agregan 19 municipios más con criterios específicos.

El programa cuenta con 5 objetivos, y cada uno con su estrategia de implementación los cuales son los siguientes:

1. Cero hambre a partir de una alimentación y una nutrición adecuada de las personas en pobreza multidimensional extrema y carencia de acceso a la alimentación. Para cumplir con ello tiene las siguientes estrategias:

¹⁶³ Según este criterio y también el último, el municipio de Amealco de Bonfil de Querétaro debería estar incluido, pero no fue el caso. En la primera etapa de expansión del programa, este municipio se agregó.

- a. Incrementar el acceso físico y económico a alimentos sanos y nutritivos. Esto por medio de aumento en la cobertura de programas de transferencias de ingreso, mecanismos de atención a situaciones de contingencias, instalación de comedores comunitarios, promover abasto y producción y consumo de productos alimenticios para la población objetivo.
- b. Aumentar la oferta oportuna de alimentos en los territorios de mayor concentración de pobreza extrema de alimentación. Esto incluye prevención para situaciones de desastre.
- c. Disminuir la carencia por acceso a los servicios de salud. Esto se busca hacer afiliando a la población objetivo al Sistema de Protección Social, promover participación comunitaria que reduzca riesgos de exposición a enfermedades transmisibles, ampliar atención médica y la infraestructura de salud.
- d. Incorporar a esquemas formales de seguridad social a la población que vive en condiciones de pobreza extremas de alimentación. Esto impulsando el Sistema de Pensión Universal para Adultos Mayores para aquellos de bajos ingresos y fomentar el crecimiento de los servicios de guarderías y cuidado para madres y padres trabajadores.
- e. Disminuir la carencia por acceso a la educación. Las acciones incluyen desarrollo de infraestructura, aumentando las becas para estudiantes, darle prioridad a modelos de escuelas de tiempo completo, apoyar a madres embarazadas para que terminen sus estudios y promover asistencia educativa.
- f. Disminuir la carencia por calidad y espacios de vivienda. La estrategia incluye regularización de propiedad, sustituir pisos de tierra, reubicar viviendas en zonas de riesgo, apoyar la construcción de viviendas, promover financiamiento, promover participación comunitaria en el ordenamiento territorial.

2. Disminuir la desnutrición infantil aguda y crónica, y mejorar los indicadores de peso y talla de la niñez.¹⁶⁴ Para ello se buscan las siguientes estrategias:
 - a. Instrumentar acciones específicas para reducir la desnutrición infantil aguda y crónica y mejorar los indicadores de peso y talla. Las acciones de esta estrategia se enfocan en dar seguimiento a la alimentación de los niños, fortalecer la alimentación en las escuelas y apoyar a las madres gestantes y lactantes.
 - b. Prevenir la desnutrición. Esto mediante servicios de salud, monitoreo, vacunación y acción comunitaria.
3. Aumentar la producción de alimentos y el ingreso de los campesinos y pequeños productores agrícolas. La estrategia para lograrlo es:
 - a. Apoyar a los pequeños productores agrícolas en las zonas de alta concentración de población en pobreza extrema de alimentación para incrementar la producción y la productividad. Esto se busca lograr principalmente construyendo pequeñas obras de captación y almacenamientos de agua, modernizar la agricultura y otorgar financiamientos.
4. Minimizar las pérdidas post-cosecha y de alimentos durante su almacenamiento, transporte, distribución y comercialización. Las dos estrategias para ello son:
 - a. Recuperar mermas y pérdidas que se generan a lo largo de la cadena alimentaria. Esto fortaleciendo a los bancos de alimentos.
 - b. Apoyar a la población objetivo a vender sus excedentes de producción. Incentivando la comercialización mediante las tiendas DICONSA y fortaleciendo la infraestructura de comunicación y la comercialización así como otorgar apoyo financiero contra riesgos a proyectos productivos agropecuarios.
5. Promover el desarrollo económico y el empleo en las zonas de mayor concentración de pobreza extrema de alimentación. Las estrategias son:

¹⁶⁴ En el decreto publicado anteriormente este objetivo buscaba eliminar la desnutrición infantil aguda.

- a. Impulsar la construcción de infraestructura básica en los territorios de mayor concentración de la población en pobreza extrema de alimentación.
 - b. Apoyar la generación de empleos y fuentes de ingreso en proyectos de bienes y servicios para la población en pobreza extrema de alimentación. Esto mediante becas, financiamiento, capacitación y subsidios.
 - c. Mejorar el acceso al financiamiento de productores y organizaciones del sector social para las personas en pobreza extrema de alimentación. Esto incluye medidas hacendarias para formalizar empresas.
6. Promover la participación comunitaria para la erradicación del hambre.
- a. Consolidar mecanismos de participación social para que las personas y sus comunidades sean sujetos activos en las políticas públicas. Esto mediante la formación de comités comunitarios que incidan en las acciones de los programas sociales, instrumentar modelos de participación en los programas sociales, y garantizar la participación de todos los integrantes de las comunidades en la toma de decisiones.
 - b. Fortalecer a los actores sociales para que a través de sus actividades promuevan el desarrollo de la cohesión y el capital social de grupos y zonas que viven en situación de vulnerabilidad y exclusión.

2.2.7. POLÍTICA SOCIAL Y POBREZA

A partir de la implementación de mediciones oficiales de niveles de pobreza en México, las políticas sociales han estado enfocadas a afectar al ámbito principal que estas mediciones revisan: el ingreso. Las transferencias que estos programas realizan a miembros vulnerables de la población no pueden verse reflejada en las mediciones que especifican el ingreso. A su vez habrá que observar otras transferencias monetarias como son las remesas.

Por lo anterior será importante tomar en cuenta los datos referentes a estas transferencias monetarias deben afectar los resultados de las mediciones de pobreza posteriores. En otras palabras, el sistema de redes neuronales utilizará como datos de entrada los montos transferidos y las familias beneficiadas por estos programas.

3. APLICACIÓN Y RESULTADOS

De acuerdo con el objetivo principal de la tesis, la construcción de un sistema de inteligencia artificial para la predicción del comportamiento de los indicadores de pobreza en México, la función del presente capítulo consiste en exponer el proceso de ejecución del sistema y mostrar los resultados obtenidos. Se comienza describiendo los criterios para la elección de los datos que se usaron como variables de entrada en el sistema. Después se describe el método utilizado para pre procesar los datos de tal modo que puedan ser utilizados en el sistema. Posteriormente se describen las especificaciones de las diversas ejecuciones realizadas en el programa y se finaliza con una comparación entre los resultados del sistema y las mediciones reales de CONEVAL del año 2014.

3.1. ELECCIÓN DE DATOS

Esta tesis tiene un desarrollo teórico doble. Por una parte se establece un marco teórico alrededor del estudio de la pobreza y la política social en México, por el otro se desarrolla un sistema de inteligencia artificial para predecir comportamientos de indicadores independientemente de cualquier marco teórico. Consecuentemente, la elección de datos para la predicción del comportamiento de los indicadores de pobreza por ingreso en México se desarrolla de dos maneras, mediante marco teórico y sin marco teórico, ambas se describen a continuación.

3.1.1. SELECCIÓN DE DATOS ACOTADA MEDIANTE MARCO TEÓRICO

El primer criterio de elección de datos toma en cuenta el marco teórico de pobreza y política social en México, tiene que ver con entender las variables económicas que afectan directamente los ingresos y gastos de la población más vulnerable en este país. Bajo este criterio se eligen tres tipos de indicadores; aquellos que afectan el gasto, aquellos que afectan el ingreso mediante política social y aquellos que afectan otros tipos de ingreso.

El primer grupo de indicadores son aquellos que afectan el gasto. Un indicador en este grupo es el Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC). El INEGI publica este índice con el objetivo de medir la variación de los precios representativos del consumo de

los hogares mexicanos urbanos. El índice se elabora mediante el establecimiento de una canasta representativa del consumo de los hogares urbanos que contiene 283 bienes y servicios genéricos, la cual se establece a partir de la información de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH). La variación del INPC es lo que constituye el índice de inflación.

Otros indicadores de este grupo se relacionan con el INPC. La inflación subyacente y no subyacente son subíndices que conforman el INPC. La inflación subyacente, mide la variación del precio de los elementos de la canasta del INPC que son menos volátiles, o cuyo precio es menos dependiente de factores naturales o administrativos. Por el contrario, la inflación no subyacente, mide la variación de los precios de la canasta del INPC que son más volátiles o cuyo precio es más dependiente de efectos naturales o administrativos. El tercer índice es el de la canasta básica, un subíndice del INPC que describe la variación de precio de una canasta compuesta de 82 alimentos elaborados, bienes administrados y concertados, y medicamentos.

Un factor que también pesa en el consumo de los hogares es la creciente dependencia nacional de las importaciones para cubrir las necesidades alimenticias. Para dar cuenta de su efecto en el ingreso real de las familias se hace uso de tres indicadores, el Índice General del Precio de las Importaciones, el Índice de Importación de Productos de las Industrias Alimentarias y el Índice del Tipo de Cambio Real del Peso Mexicano. La combinación de estos índices nos informa sobre la cantidad de productos externos que se consumen en el país y su variación en los precios.

El segundo grupo de indicadores se compone de aquellos que afectan los ingresos mexicanos con relación a la política social en México. Estos indicadores, que publica la Comisión Económica para América Latina y el Caribe de la ONU con base en datos de SEDESOL, informan sobre los programas de transferencias condicionadas Progresas y Oportunidades. Los datos que de ahí se obtienen son el presupuesto de los programas, su gasto, su cobertura y el monto mínimo y máximo per cápita de las transferencias. Además se complementa con el Gasto neto devengado del sector público presupuestario en Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación que se obtiene del Centro de Estudios de las Finanzas Públicas de la Cámara de diputados.

El tercer grupo está compuesto por otros indicadores que nos informan sobre los ingresos familiares. Los primeros dos indicadores al respecto son el salario y su poder adquisitivo, ambos nos muestran los cambios que pueden sufrir los ingresos de las familias cuyo modo de vida depende del trabajo asalariado. Por otro lado tenemos el indicador de ingresos familiares por remesas que representa a las familias que tienen miembros en otros países los cuáles les mandan parte del ingreso que obtienen ahí.

3.1.2. SELECCIÓN DE DATOS SIN ACOTACIÓN DE MARCO TEÓRICO

El desarrollo del algoritmo genético permite hacer una selección de datos que reemplaza el criterio teórico por los resultados de la ejecución del algoritmo. Por lo tanto, se realizó una labor de selección de datos que consistió en la recolección de la mayor cantidad de datos posibles para que el algoritmo genético tuviese el mayor rango de selección posible.

Dado esto, los criterios de selección de datos fueron prácticos y técnicos. Los criterios prácticos fueron en el de que, dado el alcance de la tesis y los recursos disponibles, se decidió por una cantidad generosa sin que se consumiera demasiado tiempo en recolección o producción. Mientras que los criterios técnicos de selección son dos, por rango y por frecuencia. El criterio de rango fue que para cada variable existieran datos disponibles desde 1992, el primer año en el que se midió la pobreza con la metodología de líneas de pobreza establecida por el Comité Técnico, hasta 2014. El criterio de frecuencia requiere que, para ser relevante para predecir las fluctuaciones de pobreza, la periodicidad de los datos fuera como mínimo bianual; una periodicidad de, por ejemplo, cada 5 años no permite que se compare con los datos de medición de la pobreza.

Los datos que cumplieron con estos criterios fueron un total de 514. Se recolectaron de las bases de datos del INEGI, el Banco Mundial, el Banco de México, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, Secretaría de Energía, Semarnat y Coneval.¹⁶⁵

¹⁶⁵ Para una lista completa de estos datos, se puede revisar el Anexo I

3.2. PRE PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Las características, tanto de las redes neuronales artificiales, como de las mediciones de pobreza, hacen que las variables obtenidas de ambas selecciones no puedan usarse directamente en el sistema debido a la periodicidad y la magnitud de los datos.

El problema de periodicidad consiste en que la mayoría de los datos de entrada tienen una periodicidad anual mientras que las mediciones de pobreza tienen una periodicidad bianual. Para resolver este problema se hicieron dos cosas distintas, dependiendo de la naturaleza del indicador. Para algunos indicadores, como aquellos que representan gastos, se realiza una suma de los dos años para obtener el dato bianual. Para otros, como el que representa la paridad, se obtiene un promedio de los dos años. De este modo se convierten los datos anuales a datos bianuales.

La magnitud de los datos también presenta un problema para las redes neuronales artificiales, los procesadores de las computadoras actuales son de 64 bits, eso quiere decir que están diseñados para ejecutar operaciones con números menores a 9,223,372,036,854,775,807. Como se ve en el primer capítulo, las redes neuronales realizan operaciones de muchos nodos, si varios de esos nodos representan datos poblacionales que están en escalas de decenas de millones, una operación rápidamente puede exceder el límite de los 64 bits. Para resolver este problema se pre procesan los datos de dos maneras, de una manera se sustituyen los valores brutos por un valor que represente la fluctuación del valor, y de la otra manera se sustituye el valor bruto por un valor que represente la magnitud relativa. A continuación se explican ambos procesos.

3.2.1. PRE PROCESAMIENTO POR FLUCTUACIONES

Este modo de pre procesamiento consistió en convertir los datos brutos en fluctuaciones bianuales, y con desfase de uno y dos años. Por lo tanto, si en la base de datos el dato aparecía como una cantidad anual, se sumaba la cantidad de dos años, se comparaba con los dos años anteriores y se representaba el dato como una tasa de cambio. Si el dato bruto representa una tasa de cambio, entonces simplemente se sumaban las tasas de cambio de ese y el año anterior. Por ejemplo, el cambio del PIB de un año específico, y el cambio en la tasa de interés de un año específico se obtienen de la siguiente manera:

$$PIB_t = \frac{(PIB_t + PIB_{t-1}) - (PIB_{t-2} + PIB_{t-3})}{PIB_{t-2} + PIB_{t-3}}$$

$$i_t = (i_t + i_{t-1}) - (i_{t-2} + i_{t-3})$$

Para cada dato, cuando fue posible, se obtuvo la fluctuación bianual para el año anterior y los dos años anteriores y se introdujo el dato con los desfases correspondientes.

3.2.2. PRE PROCESAMIENTO POR MAGNITUD RELATIVA

En el segundo pre procesamiento, para los datos de entrada primero se realizó un pre procesamiento para crear los datos bianuales sumando para cada año los datos de ese año y el año anterior (tomando en cuenta también datos desfasados a 1 y 2 años). Después, para cada dato se compararon los datos de cada año con el dato del año donde el valor fue menor y se representaron los datos como magnitudes en relación al año donde el valor fue menor. Así, para cada variable de entrada, siempre había un dato que tenía valor de 1 y los demás años mostrados en relación con ese año. Esto tiene como resultado que la variable de entrada produce el valor de la variable en relación a los demás años, y no sólo en relación al año anterior.

Para pre procesar los datos de salida, las mediciones de pobreza relativa (que expresan porcentajes) se mantuvieron iguales y las mediciones de pobreza absoluta (que representan total de personas) se dividieron entre un millón para que representaran millones de personas.

3.2.3. ESTABLECIMIENTO DE VALORES DE COMPARACIÓN

Para poder evaluar si el sistema produce predicciones acertadas sobre el comportamiento de los indicadores de pobreza, es importante tener valores reales con los cuales comparar las predicciones. Ante esto se presenta el problema del cambio de metodología de la medición de la pobreza en México.

A partir del año 2008 CONEVAL comienza a aplicar la metodología multidimensional para establecer los índices de pobreza, y en las mediciones de ese año, de 2010 y 2012 reporta los resultados según esa metodología y la metodología de líneas de

pobreza. Sin embargo, para la medición de 2014 únicamente publica resultados con la metodología multidimensional.

Ya que la metodología multidimensional solo cuenta con 3 mediciones antes de la medición de 2014, no es posible hacer uso del sistema de inteligencia artificial con un suficiente grado de confianza para esa metodología. Esto es, sólo se pueden hacer predicciones para el comportamiento de los indicadores de pobreza de la metodología de Líneas de Pobreza.

Para resolver este problema, se realiza una comparación de los resultados de cada metodología para cada año en que CONEVAL presentó resultados para ambas. Como se explica en el segundo capítulo, en ambas metodologías se hace uso de mediciones por línea de ingreso. En la metodología multidimensional se establecen la línea de bienestar y la línea de bienestar mínimo, que son análogas a la línea de pobreza de patrimonio y de pobreza alimenticia de la metodología de líneas de pobreza. Las canastas que establecen estas líneas no son iguales pero guardan similitudes.

La **Tabla 5** compara los resultados de cada año del comportamiento de cada línea de pobreza con su línea análoga entre las dos metodologías. “Línea de Ingreso 1” muestra la comparación entre la línea de pobreza alimenticia y la línea de bienestar mínimo, así como “Línea de Ingreso 2” muestra la comparación entre línea de pobreza de patrimonio con línea de bienestar. Además compara tanto el resultado mismo de la medición como el cambio del comportamiento de los indicadores entre mediciones, esto se muestra en cada fila.

Para cada año se muestra la diferencia entre los indicadores respectivos a cada metodología. Se puede observar que las mayores diferencias en los resultados entre las metodologías se encuentran entre la línea de pobreza alimentaria y línea de bienestar mínimo. En distintos años la diferencia se comporta de otra manera, a veces es mayor el resultado de una metodología, y a veces es mayor el de otra.

Tabla 6: Comparación de resultados entre metodología de líneas de pobreza y metodología multidimensional¹⁶⁶

Índice	2008			2010			2012			Diferencia promedio	Diferencia Máxima
	Líneas de Pobreza	Multidimensional	Diferencia (V. ABS.)	Líneas de Pobreza	Multidimensional	Diferencia (V. ABS.)	Líneas de Pobreza	Multidimensional	Diferencia (V. ABS.)		
Línea de Ingreso 1 (Millones de personas)	20.79	18.69	2.1	21.54	22.23	0.69	23.09	23.51	0.43	1.07	2.1
Línea de Ingreso 2 (Millones de personas)	53.38	54.69	1.31	58.52	59.56	1.04	61.35	60.58	0.77	1.04	1.31
Línea de Ingreso 1 (Porcentaje personas)	18.63	16.75	1.87	18.8	19.4	0.61	19.69	20.04	0.36	0.95	1.87
Línea de Ingreso 2 (Porcentaje personas)	47.83	49.02	1.19	51.08	52	0.92	52.31	51.64	0.67	0.93	1.19
Cambio en Línea de Ingreso 1 (Total personas)				+3.6%	+18.9%	15.3%	+7.2%	+5.8%	1.4%	8.4%	15.3%
Cambio en Línea de Ingreso 2 (Total personas)				+9.6%	+8.9%	0.7%	+4.8%	+1.7%	3.1%	1.9%	3.1%
Cambio en Línea de Ingreso 1 (Porcentaje personas)				+0.9%	+15.8%	14.9%	+4.7%	+3.3%	1.4%	8.2%	14.9%
Cambio en Línea de Ingreso 2 (Porcentaje personas)				+6.8%	+6.1%	0.7%	+2.4%	-0.7%	3.1%	1.9%	3.1%

Para cada año se establece la diferencia entre los indicadores, en valor absoluto, y para cada indicador se establece la divergencia máxima. Esta diferencia, para cada indicador, será el margen de error con el que se evaluarán los resultados de las predicciones. Si la predicción producida para cada indicador se diferencia del resultado de la medición que realiza Coneval en 2014, se considerará que la predicción es fallida. En otras palabras, si el resultado que producimos nosotros se separa más del resultado real de lo que se separan las mediciones reales de ambas metodologías, se considerará que el resultado es incorrecto.

¹⁶⁶ Fuente: Coneval. Los datos de los cambios son realización propia comparando los datos de Coneval del año especificado con los datos del año anterior.

3.3. EJECUCIÓN DEL SISTEMA

El proceso de ejecución, después del pre procesamiento de datos, consiste en la ejecución del algoritmo de algoritmo genético, seguido por la elección de una red neuronal óptima, y la construcción de la predicción desde la red neuronal artificial. Este proceso se ejecutó para los siguientes cuatro indicadores¹⁶⁷:

- 1) Índice de Pobreza Alimentaria (Millones de personas)
- 2) Índice de Pobreza de Patrimonio (Millones de personas)
- 3) Índice de Pobreza Alimentaria (Porcentaje personas)
- 4) Índice de Pobreza de Patrimonio (Porcentaje personas)

Para cada indicador se realizan tres ejecuciones distintas de acuerdo a los distintos procesos de pre procesamiento y elección de datos. Las primeras dos ejecuciones son con la selección de datos sin acotación por marco teórico, es decir, con todos los datos que se pudieron conseguir. Se realizan ejecuciones del sistema con pre procesamiento por magnitud relativa, y pre procesamiento por fluctuaciones. A estas ejecuciones se les nombra “Predicción de Índices” y “Predicción de cambios” respectivamente.

La tercera ejecución es con acotación por marco teórico y pre procesamiento por magnitud relativa. Esta ejecución es la que busca establecer una predicción a partir de los datos que se determinó que deben ser los que afectan más el comportamiento de los indicadores de pobreza (como son los gastos en política social, precios de canasta básica, remesas, montos de transferencias condicionadas etc.). Estas ejecuciones son nombradas aquí como “Predicción de Índices con datos preseleccionados”.

Por lo tanto se realizan un total de doce predicciones, que son tres tipos de predicciones para cada uno de los cuatro indicadores.

3.3.1. CONFIGURACIÓN DEL ALGORITMO GENÉTICO

La siguiente tabla muestra cómo se configuró el algoritmo genético para los tres tipos de predicciones que se realizaron:

¹⁶⁷ El Índice de Pobreza de Capacidades se deja de lado pues en la medición multidimensional de la pobreza no existe una línea de pobreza análoga.

Tabla 7: Configuraciones de Algoritmo Genético

Indicador	Ciclos	Tasa de entrenamiento	Inercia	Entrenamiento inicio	Entrenamiento fin	Prueba inicio	Prueba fin	Número de generaciones	Mutación	Reproducción Sexual	Herencia Lamarckiana	Especiación
Predicción de Índices	1000	0.001	0.001	2002	2010	2012	2012	50	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Predicción por Cambios	10000	0.01	0.01	2004	2010	2012	2012	50	SÍ	SÍ	SÍ	SÍ
Predicción de Índices con datos preseleccionados	10000	0.01	0.01	2004	2012	2014	2014	50	SÍ	SÍ	SÍ	NO

Estas configuraciones se determinaron después de una serie de pruebas para determinar cuál sería la manera más óptima de ejecutarse. Algo de lo más interesante que se observó mediante estas pruebas fue que funcionaban mejor cuando se entrenaban las redes a partir del año 2002 o 2004. Un análisis más profundo de esto se hará más adelante, pero parecería que el surgimiento de programas de transferencias condicionadas hace que el comportamiento de los índices de pobreza sea afectado de una manera distinta, por lo que para tener más precisión en las predicciones, las redes se deben entrenar con datos de años donde la política social es similar.

Otras dos cosas saltan a la vista, primero que para predecir los índices se usan inercia y tasa de entrenamiento más chicas, así como menos ciclos. Parece ser que con una variedad de datos más grandes y un valor de resultado de magnitud mayor, el entrenamiento de las redes neuronales se optimiza de maneras distintas.

Finalmente para el último tipo de ejecución, la que usa los datos preseleccionados, no se usó el algoritmo de especiación¹⁶⁸. Como se describe en el primer capítulo, el algoritmo de especiación permite al algoritmo genético hacer subconjuntos de los datos de donde se elegirán los mejores. Con los datos preseleccionados, el subconjunto es creado por nosotros de manera teórica y no es necesario que el algoritmo genere más subconjuntos. Por la misma razón hay menos datos de dónde buscar y la especiación sólo limitaría más aún los datos.

¹⁶⁸ El algoritmo de especiación descrito en la sección 1.2 permite que el algoritmo genético busque varias soluciones de manera paralela.

3.3.2. RESULTADOS DE EJECUCIÓN DE ALGORITMO GENÉTICO

La siguiente tabla muestra los resultados de las doce ejecuciones del algoritmo genético separado por los tres tipos de ejecuciones y configuraciones:

Tabla 8: Resultados de ejecución de algoritmo genético

Indicador	Error Promedio	Redes con error menor que 1	Redes con error menor que 0.1	Especies	Diámetro promedio	Distancia promedio entre especies
PREDICCIÓN ÍNDICES						
Índice de Pobreza Alimentaria (Millones de personas)	0.017	Todas	250	23	22.5	31.7
Índice de Pobreza de Patrimonio (Millones de personas)	0.0339	Todas	241	17	24.1	30.6
Índice de Pobreza Alimentaria (Porcentaje personas)	0.0147	Todas	252	22	19.2	28.9
Índice de Pobreza de Patrimonio (Porcentaje personas)	0.0147	Todas	254	18	25.4	35.6
PREDICCIÓN CAMBIOS						
Cambio en Índice de Pobreza Alimentaria (Tot. personas)	0.5	113	24	8	25.2	27.9
Cambio en Índice de Pobreza de Patrimonio (Tot. pers.)	0.4917	119	29	12	19.9	26.8
Cambio en Índice de Pobreza Alimentaria (% personas)	1.0758	107	17	21	20.1	26.7
Cambio en Índice de Pobreza de Patrimonio (% personas)	1.4586	67	11	14	17.2	27
PREDICCIÓN DATOS PRESELECCIONADOS						
Índice de Pobreza Alimentaria (Millones de personas)	0.0094	Todas	Todas			
Índice de Pobreza de Patrimonio (Millones de personas)	0.0182	Todas	Todas			
Índice de Pobreza Alimentaria (Porcentaje personas)	0.0118	Todas	Todas			
Índice de Pobreza de Patrimonio (Porcentaje personas)	0.0034	Todas	Todas			

Cada ejecución produce 128 redes neuronales. El error de cada red neuronal se determina comparando la predicción realizada por cada red neuronal con el resultado real de la medición de pobreza. Se establece un promedio de esa comparación, así como dos conteos

de redes neuronales que tienen error menor que 1 y menor que 0.1 respectivamente. Para las ejecuciones del algoritmo genético que hacen uso del algoritmo de especiación también se indican las especies que se tuvieron (los subconjuntos de datos en los que se dividían las 128 redes neuronales), el diámetro promedio entre las especies (el cual indica que tanto se parecían las redes neuronales de cada subconjunto) y la distancia promedio entre especies (que muestra que tan distinto eran los subconjuntos entre sí).

Es importante notar que en todas las ejecuciones encontramos redes con error menor que 0.1. Estas son las redes neuronales que producen las predicciones más precisas. La predicción por cambios es la que produce menos redes de este tipo y se debe a que la magnitud de los cambios de niveles de pobreza es muy pequeña comparado con el indicador en sí, por lo tanto es más difícil lograr mayor precisión. También se ve que en la predicción por datos preseleccionados todas tienen esta característica. Esto probablemente se deba a que no hay especiación, por lo que el algoritmo se enfoca en optimizar las redes de una sola manera sin buscar alternativas, en otras palabras, la búsqueda de alternativas en las ejecuciones que usan especiación hace que tengan muchas redes no optimizadas.

En cuanto al algoritmo de especiación no parece haber una correlación entre el número de especies y algún otro dato. Es el mismo algoritmo el que determina las especies y lo hace según las similitudes que existan entre los organismos del momento. Sin embargo podemos ver que sí hay una correlación entre el diámetro promedio y el espacio entre especies. El espacio siempre es proporcional y mayor que el diámetro, esto indica que en efecto se estaban creando subconjuntos eficientes de redes neuronales. Si en cualquier ejecución hubiéramos encontrado que el diámetro promedio era mayor que la distancia entre especies, eso significaría que el mecanismo de especiación no funcionaba para esa selección de datos y se tendría que realizar otra ejecución sin especiación.

3.3.3. CONFIGURACIONES REDES NEURONALES

Como se puede observar en la Tabla 9, la configuración de las redes neuronales individuales es casi idéntica a la manera en la que sus respectivos algoritmos genéticos fueron configurados. Nuevamente hay una distinción en los ciclos, la tasa de entrenamiento y la inercia, que refleja las mismas distinciones que en la configuración del algoritmo

genético. En general se cambia el año de entrenamiento y año de prueba. Siendo que se busca realizar una predicción para 2014, este es el año en el que se realiza la prueba para cada red neuronal.

Tabla 9: Configuración de Redes neuronales

Indicador	Ciclos	Tasa de entrenamiento	Inercia	Entrenamiento inicio	Entrenamiento fin	Prueba
Predicción de Índices	1000	0.001	0.001	2002	2012	2014
Predicción por Cambios	10000	0.01	0.01	2004	2012	2014
Predicción de Índices con datos pre seleccionados	10000	0.01	0.01	2004	2012	2014

3.3.4. RESULTADOS DE EJECUCIÓN DE REDES NEURONALES (PREDICCIONES)

La **Tabla 10** muestra los resultados de las ejecuciones de redes neuronales. Cada fila indica los resultados para cada una de las doce redes neuronales correspondientes a las doce ejecuciones de algoritmo genético. Para cada ejecución del algoritmo genético se eligió una red neuronal que fuera consistente y tuviera un margen de error pequeño. La consistencia se determinó ejecutando la red y ver la variabilidad de resultados. A veces sucedía que la red neuronal con menor error era inconsistente, y el error pequeño se debía a una cuestión azarosa.

Las dos primeras columnas indican las características de la red neuronal elegida, el error total, y su error de entrenamiento. Se buscaba que ambos fueran cercanos a 0.001, es un valor pequeño, pero algo más pequeño de esto daría indicios de una red inconsistente.

El valor indicado en la columna de predicción se obtiene ejecutando la red neuronal 10 veces y obteniendo el promedio. Esto también se puede obtener mediante el botón “generar reporte” del sistema, el cual produce un archivo de Excel con los detalles de las diez ejecuciones.

Tabla 10: Resultados de ejecuciones de redes neuronales

Indicador	Error total de red seleccionada	Error de entrenamiento de red seleccionada	Predicción	Valor Real CONEVAL	Diferencia	Margen de error	Dentro del margen
ÍNDICES							
Índice de Pobreza Alimentaria (Millones de personas)	0.0001	0.0033	22.94	24.64	1.700	±2.1	SÍ
Índice de Pobreza de Patrimonio (Millones de personas)	0.0067	0.001	62.59	63.82	1.230	±1.31	SÍ
Índice de Pobreza Alimentaria (Porcentaje personas)	0.0001	0.001	20.11	20.55	0.440	±1.87	SÍ
Índice de Pobreza de Patrimonio (Porcentaje personas)	0.0003	0.0017	52.4	53.24	0.840	±1.19	SÍ
CAMBIOS							
Cambio en Índice de Pobreza Alimentaria (Total personas)	0.0543	0.001	+10.4%	+10.8%	+0.4%	±15.3%	SÍ
Cambio en Índice de Pobreza de Patrimonio (Total personas)	0.0009	0.001	+4.9%	+7.2%	+2.2%	±3.1%	SÍ
Cambio en Índice de Pobreza Alimentaria (Porcentaje personas)	0.0081	0.001	+11.5%	+5.9%	-5.6%	±14.9%	SÍ
Cambio en Índice de Pobreza de Patrimonio (Porcentaje personas)	0.0293	0.001	+7.2%	+2.4%	-4.8%	±3.1%	NO
ÍNDICES CON DATOS PRESELECCIONADOS							
Índice de Pobreza Alimentaria (Millones de personas)	0.001	0.001	24.79	24.64	-0.148	±2.1	SÍ
Índice de Pobreza de Patrimonio (Millones de personas)	0.0001	0.001	64.16	63.82	-0.342	±1.31	SÍ
Índice de Pobreza Alimentaria (Porcentaje personas)	0.001	0.001	21.02	20.55	-0.467	±1.87	SÍ
Índice de Pobreza de Patrimonio (Porcentaje personas)	0.0003	0.001	53.74	53.24	-0.500	±1.19	SÍ

Junto a la columna de predicción están los valores reales, estos son los valores de las mediciones de CONEVAL para la pobreza multidimensional para el año 2014. Estos son los valores con los que se comparan para saber si la predicción fue exitosa.

La siguiente columna indica la diferencia entre la predicción y el resultado de la medición de Coneval. Se obtiene con una simple resta, restándole el valor de la predicción al valor de Coneval.

La columna de margen de error indica el valor obtenido en la sección 3.2.3, esta es la magnitud en la que puede diferir una predicción de la medición de CONEVAL para que pueda considerarse como una predicción acertada.

La última columna indica si la diferencia entre la predicción realizada por el sistema y la medición realizada por CONEVAL está por debajo del margen de error.

Como se puede observar, prácticamente todas las predicciones son exitosas. La única predicción que no se encuentra dentro del margen de error es la de cambio en índice de pobreza de patrimonio por porcentaje de personas. La razón de esto tiene más que ver con el margen de error, como se ve, este indicador está sujeto al margen de error más pequeño de todos, y si estuviera sujeto a un margen de error distinto pasaría la prueba.

En general las predicciones de cambios son más precisas, teniendo a la de cambio en total de población en pobreza alimentaria como una predicción casi perfecta. Las predicciones de los indicadores con el uso de todos los datos por lo general subestimaron los indicadores de pobreza mientras que las predicciones con los datos preseleccionados sobrestimaron los índices.

3.4 PESOS PREDICTIVOS DE DATOS PRESELECCIONADOS

Las características de los algoritmos genéticos y las redes neuronales permiten, además de hacer predicciones sobre el comportamiento de los indicadores de pobreza, vislumbrar las relaciones entre los datos de entrada y los niveles de pobreza. La ejecución del algoritmo genético nos trae una selección de los datos que son los mejores para poder predecir el comportamiento de los indicadores, y mediante la fuerza de las conexiones entre nodos de la red neuronal podemos vislumbrar que tanto peso predictivo tiene cada uno de los datos. Esto es, qué tanto contribuye cada variable para la predicción del comportamiento del indicador mediante la red neuronal artificial. En esta sección mostraremos estos resultados para las cuatro ejecuciones con datos preseleccionados lo cual permitirá analizar los distintos efectos que tienen las variables elegidas en el comportamiento de los indicadores de pobreza en México.

3.4.1 ÍNDICE DE POBREZA ALIMENTARIA (MILLONES DE PERSONAS)

La siguiente tabla muestra los pesos de los indicadores para predecir el comportamiento del indicador de total de personas en situación de pobreza alimentaria:

Tabla 11: Pesos predictivos de datos para el comportamiento del Índice de Pobreza Alimentaria (Millones de Personas)¹⁶⁹

Indicador	Pesos	Pesos Grupo
Cobertura Progres/Oportunidades (% población) (Desf. 1 a.)	1.90	23.15
Cobertura Progres/Oportunidades (hogares) (Desf. 1 a.)	11.40	
Cobertura Progres/Oportunidades (hogares) (Desf. 2 a.)	9.85	
Gasto Progres/Oportunidades (MXN)	1.96	1.96
Importación de productos de las industrias alimentarias	7.85	14.89
Importación de productos de las industrias alimentarias (Desf. 1 a.)	7.04	
Índice de la canasta Básica (Desf. 1 a.)	2.91	2.91
Índice del tipo de cambio real del peso mexicano (Desf. 2 a.)	14.79	14.79
Inflación acumulada anual Subyacente	7.92	16.02
Inflación anual Canasta básica (Desf. 1 a.)	5.88	
Inflación anual Canasta básica (Desf. 2 a.)	2.22	
Monto Max p/cápita Progres/Oportunidades (MXN) (Desf. 2 a.)	3.99	22.68
Monto máx. per cápita Progres/Oportunidades (USD)	7.30	
Monto máx. per cápita Progres/Oportunidades (USD) (Desf. 2 a.)	11.40	
Salario mínimo (Desf. 2 a.)	3.59	3.59

La variable individual con más peso predictivo es sin duda el índice del tipo de cambio real del peso mexicano. Es interesante que esta variable aparezca desfasada a 2 años, lo cual sugiere que tiene una relación indirecta. Consideradas grupalmente, las variables sobre los programas de transferencias condicionadas son las que tienen más peso, las que más afectan el comportamiento de la pobreza alimentaria. Tomando en consideración la cobertura y el monto de las transferencias en conjunto se tiene casi un 50% del indicador. Esto muestra el gran peso que tiene. Esto contrasta fuertemente con la casi nula relevancia del gasto en los programas oportunidades.

¹⁶⁹ Para todas las tablas sobre pesos, los datos pueden aparecer con desfase de un año o dos años. Tal desfase es indicado con las abreviaciones “Desf. 1. a” y “Desf. 2 a.” respectivamente.

Lo que esta tabla nos sugiere es que los programas de transferencias condicionadas son muy relevantes, que el monto y la cobertura afectan realmente los niveles de pobreza alimentaria. Entendiendo esto se esperaría que el gasto del gobierno en estos programas fuera también relevante, pero lo es en muy poca medida. Esto sugiere que su gestión no es muy eficiente, los aumentos en gastos no se traducen en disminuciones de pobreza si no hay un aumento en cobertura y en cantidad de transferencias.

También se puede observar que es el monto máximo de las transferencias el que tiene el efecto. Este es el monto que reciben las familias con más hijos, y que pueden considerarse más vulnerables por tener mayores gastos.

3.4.2 ÍNDICE DE POBREZA DE PATRIMONIO (MILLONES DE PERSONAS)

La siguiente tabla muestra los pesos de los datos para predecir el comportamiento del indicador de total de personas en situación de pobreza de patrimonio:

Tabla 12: Pesos predictivos de datos para el comportamiento del Índice de Pobreza de Patrimonio (millones de personas)

Indicador	Peso	Peso Grupo
Cobertura Progres/Oportunidades (% población) (Desf. 2 a.)	10.25	27.54
Cobertura Progres/Oportunidades (personas) (Desf. 1 a.)	17.29	
Índice de la canasta Básica	7.50	37.42
Índice de la canasta Básica (Desf. 1 a.)	7.54	
Inflación acumulada anual Subyacente	22.38	
Índice del tipo de cambio real del peso mexicano	8.97	24.82
Índice General del precio de las importaciones (\$ USD) (Desf. 2 a.)	15.85	
Monto min p/cápita Progres/Oportunidades (MXN) (Desf. 2 a.)	9.72	9.72
Presupuesto Progres/Oportunidades (%PIB) (Desf. 2 a.)	0.51	0.51

La variable individual con mayor peso predictivo es la inflación subyacente, y el grupo de variables relacionados con la inflación es el de mayor peso. En este caso se muestra una diferencia con el índice de pobreza alimentaria. La canasta básica es más relevante para este grupo así como la inflación. Es la inflación subyacente la que afecta, probablemente porque las familias cambian su consumo de acuerdo a la inflación no subyacente, dejando de consumir los bienes volátiles cuando suben de precio.

La cobertura de los programas de transferencias condicionadas, así como el monto, toman un segundo plano. Su peso en esta predicción disminuye para darle paso a la inflación. La razón se puede deber a que el ingreso obtenido por estos programas representa, para este segmento de la población, una menor proporción del ingreso total. Por otro lado, la inflación afecta al consumo en todas proporciones por lo que en este caso afecta en una mayor medida.

El presupuesto de los programas de transferencias condicionadas aparece como el dato de menos peso. Aquí se repite el que no importa lo que el gobierno meta a los programas si no se manifiesta como un aumento en transferencias o en cobertura de los mismos. El aumento en el presupuesto que termina siendo un aumento de salario o contratación de personal administrativo, no afectará los niveles de pobreza.

3.4.3 ÍNDICE DE POBREZA ALIMENTARIA (PORCENTAJE DE PERSONAS)

La siguiente tabla muestra los pesos de los datos para predecir el comportamiento del indicador de porcentaje de personas en situación de pobreza alimentaria:

Tabla 13: Pesos predictivos de datos para el comportamiento del Índice de Pobreza Alimentaria (Porcentaje de Personas)

Indicador	Peso	Peso Grupo
Cobertura Progres/Oportunidades (% población)	1.34	25.89
Cobertura Progres/Oportunidades (hogares) (Desf. 1 a.)	9.46	
Cobertura Progres/Oportunidades (personas) (Desf. 1 a.)	6.52	
Cobertura Progres/Oportunidades (personas) (Desf. 2 a.)	8.58	
Gasto neto devengado del sector público presupuestario en Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Millones de pesos Corrientes) (Desf. 1 a.)	5.95	5.95
Gasto Progres/Oportunidades (MXN)	6.36	6.36
Importación de productos de las industrias alimentarias (Desf. 1 a.)	7.52	7.52
Índice del tipo de cambio real del peso mexicano (Desf. 2 a.)	10.61	10.61
Inflación acumulada anual Subyacente	8.92	10.80
Inflación acumulada anual Subyacente (Desf. 1 a.)	1.88	
Monto Max p/cápita Progres/Oportunidades (MXN)	5.53	26.19
Monto máx. per cápita Progres/Oportunidades (USD)	9.01	
Monto máx. per cápita Progres/Oportunidades (USD) (Desf. 1 a.)	11.65	
Presupuesto Progres/Oportunidades (%PIB) (Desf. 2 a.)	1.14	1.14
Salario mínimo (Desf. 1 a.)	5.53	5.53

Entre la cobertura y el monto máximo per cápita de Progres/Oportunidades encontramos la mitad de los datos necesarios para predecir el indicador. Desde esta perspectiva se vislumbra la enorme dependencia que tienen las familias más pobres de este país de los ingresos que reciben de estos programas, ya sea directamente o indirectamente.

Los siguientes indicadores, en orden de peso predictivo, son el tipo de cambio, la inflación no subyacente y la importación de productos de las industrias alimentarias, afectando el gasto de las familias; los indicadores del gasto en una economía que depende de la importación de alimentos.

Nuevamente aparece con el menor peso, el indicador de presupuesto de Progres/Oportunidades, mostrando como es que no se está traduciendo adecuadamente lo que el gobierno invierte en el programa cuando no afecta directamente a la cobertura y el monto de las transferencias condicionadas. Parece haber una falta de proporcionalidad que puede deberse a la estructura administrativa de la secretaría de desarrollo social.

3.4.4 ÍNDICE DE POBREZA DE PATRIMONIO (PORCENTAJE DE PERSONAS)

Finalmente la **Tabla 14** muestra los pesos de los datos para predecir el comportamiento del indicador de porcentaje de personas en situación de pobreza de patrimonio:

Tabla 14: Pesos predictivos de datos para el comportamiento del Índice de Pobreza de Patrimonio (porcentaje de personas)

Indicador	Peso	Peso Grupo
Cobertura Progres/Oportunidades (% población) (Desf. 2 a.)	5.99	14.99
Cobertura Progres/Oportunidades(hogares)	8.99	
Gasto Progres/Oportunidades (MXN)	7.00	7.00
Importación de productos de las industrias alimentarias (Desf. 2 a.)	5.21	24.52
Índice del tipo de cambio real del peso mexicano (Desf. 2 a.)	11.58	
Índice General del precio de las importaciones (\$ USD) (Desf. 2 a.)	7.73	
Inflación acumulada anual No subyacente (Desf. 2 a.)	7.31	30.92
Inflación acumulada anual Subyacente	7.76	
Inflación acumulada anual Subyacente (Desf. 2 a.)	15.85	
Monto máx. per cápita Progres/Oportunidades (USD) (Desf. 2 a.)	7.44	22.58
Monto min p/cápita Progres/Oportunidades(MXN)	7.93	
Monto min p/cápita Progres/Oportunidades (MXN) (Desf. 1 a.)	7.20	

Nuevamente, como en el índice absoluto de pobreza de patrimonio, encontramos que aquello con más peso es la inflación, tanto de manera individual como grupal. El indicador con más peso es el de inflación subyacente (nuevamente). Se repite la importancia que tiene el gasto de los hogares sobre su situación de pobreza.

En segundo lugar tenemos los indicadores que se relacionan con el consumo de bienes importados. El tipo de cambio, el costo y la cantidad de bienes importados afectan a las familias en situación de pobreza de patrimonio afectando directamente los gastos en los que incurren. La dependencia alimentaria muestra aquí sus efectos.

Luego se encuentran los montos per cápita de Progres/Oportunidades seguidos por la cobertura. Se evidencia nuevamente el efecto que tienen estos programas sobre el ingreso de las familias en situaciones cerca de las líneas de pobreza aunque este efecto no tiene tanto peso para las familias no tan vulnerables.

Finalmente aparece el gasto de Progres/Oportunidades. Se repite la baja relevancia de esto, probablemente por el hecho de que no todo este gasto se refleja en cambios reales, en aumentos de coberturas y montos de los programas de transferencias.

3.5. SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL E INDICADORES DE POBREZA EN MÉXICO

Este capítulo ha servido como documentación para la ejecución del sistema de inteligencia artificial con la finalidad de la predicción del comportamiento de los índices de pobreza en México. Como se demuestra, el sistema de inteligencia artificial sí puede predecir el comportamiento de estos indicadores de Coneval bajo los criterios establecidos.

Además de la predicción del comportamiento de los indicadores de pobreza en México, el sistema ha demostrado tener capacidad explicativa en cuanto a la relación de los diferentes indicadores de pobreza. El sistema nos ha ayudado a vislumbrar como distintos indicadores afectan el comportamiento de lo que es medido mediante la metodología de líneas de ingreso. La utilidad de ello es que nos ayuda a entender mejor las causas de la pobreza en México y sus posibles soluciones así como entender mejor el funcionamiento de la política social.

Una ventaja específica de este sistema, en comparación a otros sistemas de inteligencia artificial basados en redes neuronales, es su capacidad de elegir los mejores datos para predecir y de expresar que tan relevante son las variables para la predicción que se pide. Gracias a ello podemos observar las variables que son más o menos relevantes respecto a cada uno de los indicadores cuyo comportamiento buscamos predecir en esta tesis; los cuatro indicadores de pobreza según ingreso.

Esto se vuelve evidente en las ejecuciones realizadas con el uso de datos elegidos con marco teórico. Los resultados de estas ejecuciones manifiestan tendencias que nos abren una ventana a los factores condicionantes de la pobreza en México. Sobresalen dos tendencias muy evidentes para la pobreza alimentaria y la pobreza de patrimonio respectivamente.

La tendencia que se percibe para la pobreza alimentaria es el peso que tienen los programas de asistencia social Progres y Oportunidades. En ambos casos, medición absoluta y relativa, las variables que expresan la cobertura y el monto de estos programas son las que tienen más peso para predecir el comportamiento de los indicadores de pobreza.

Para la pobreza de patrimonio se mantiene una importancia de los programas de asistencia social. Sin embargo las variables más relevantes son las que expresan directamente la inflación. Esta población es dependiente de manera directa o indirecta de estos programas pero como necesariamente tienen otros ingresos, les afecta más la inflación.

Otra tendencia es la preeminencia del índice del tipo real del peso mexicano. Este aparece en las cuatro ejecuciones con valores altos y en tres de ellas el desfase es de 2 años. Esto indica las consecuencias de las devaluaciones sobre la situación de la población mexicana lo que se refleja también en la relevancia vista en la importación de productos de las industrias alimentarias. Estos indicadores reflejan la dependencia de la situación de vida de los mexicanos hacia el precio de las mercancías importadas.

Es interesante que son mucho más importantes los índices de inflación subyacente que el de la canasta básica, lo cual refleja el gasto de las familias más pobres no se limita a productos alimentarios. Hasta las familias más pobres, las que no tienen para cubrir sus gastos alimentarios, tiene que cubrir otros gastos.

Algo que también es interesante son aquellas variables que tuvieron poca relevancia o que no aparecieron. El salario mínimo junto con su poder adquisitivo tuvo poca relevancia demostrando que éstos no afectan tanto los ingresos de las familias en situación de pobreza.

Es muy sugerente también, la poca relevancia que tienen el gasto y el presupuesto de los programas de asistencia social, en especial cuando se comparan con la enorme relevancia de la cobertura y el monto de las transferencias condicionadas. El presupuesto prácticamente no tiene peso predictivo, lo que muestra una disparidad muy grande entre lo que entra y lo que sale de esos programas.

Finalmente podemos ver que hay una variable que no aparece; los ingresos por remesas familiares. La ausencia de este indicador en todos los resultados sorprende, es posible que esto sugiera que el indicador no refleja muy bien la situación real o que los más beneficiados por las remesas no son aquellos hogares que se encuentran en situación de pobreza de ingresos. También puede ser que las remesas no lleguen los más pobres, pues se necesita estar sobre cierto nivel de ingresos para poder realizar la migración.

Como se observa, la ejecución del sistema de inteligencia artificial para la predicción del comportamiento de los indicadores de pobreza en México fue sumamente exitosa. Por un lado logró realizar predicciones a cerca de estos indicadores con relativa precisión, por el otro lado nos brindó mucha información acerca de las causas de la pobreza y los efectos de la política social en México durante los últimos años.

En la próxima sección se hará uso de la información obtenida por el sistema para hacer un análisis a profundidad de la situación de pobreza en el país y la política social. Así como de las posibilidades del uso de sistemas de inteligencia artificial dentro del campo de la economía.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo del sistema de inteligencia artificial permitió una ejecución para la predicción del comportamiento de los niveles de pobreza en México que produjo mucha información al respecto. En el capítulo anterior se muestra esta información, sin embargo es necesario realizar un proceso de análisis para establecer unas conclusiones particulares y generales al respecto.

En esta sección de conclusiones se realizarán conclusiones técnicas sobre la aplicación de sistemas de inteligencia artificial para la pobreza. También se realizará un análisis sobre la relación de las distintas variables elegidas mediante el marco teórico con la pobreza en México. Finalmente se realizará una evaluación de la política social y la política económica para terminar con una evaluación de la importancia que podrá tener a futuro el uso de sistemas como éste para la política económica.

4.1. SOBRE EL DISEÑO DE SISTEMAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL ORIENTADOS A LA ECONOMÍA

En un artículo publicado el 28 de octubre de 2009 en “The Guardian”, Joseph Stiglitz se refiere a la crisis económica y financiera de 2008 como un momento revelador de la profesión económica pues ha puesto a prueba muchas ideas económicas.¹⁷⁰ Afirma que el hecho de que una gran parte de la profesión económica no pudo predecir la crisis debería causar mucha preocupación. A partir de ese momento hubo un redescubrimiento de acercamientos distintos a la economía que se separaran de la tradición neoclásica.

Para algunos la crisis económica se mostró como una crisis de la disciplina económica y una oportunidad para buscar distintos acercamientos. Algunos acercamientos relacionaban la economía con otras disciplinas, como la economía conductual que toma prestado de la psicología.

El uso de las computadoras se ha adoptado naturalmente en una disciplina que requiere de cálculos matemáticos y manejo de información numérica. Sin embargo, la

¹⁷⁰ Stiglitz, Joseph. (2009) “A new economics in an imperfect world”. The Guardian. <http://www.theguardian.com/commentisfree/2009/oct/28/economics-alternative-theories-stiglitz-regulators>

computación tiene alcances mucho más amplios que el simple cálculo aritmético y el manejo de hojas de cálculo. Los horizontes de la ciencia computacional se amplían constantemente, adquiriendo una complejidad que hace a los nuevos descubrimientos difíciles de implementar en otras disciplinas.

Uno de los horizontes más complejos es el de la inteligencia artificial. Ésta ha encontrado lugar en la economía primordialmente en el área financiera en donde los expertos pueden hacer su conocimiento más redituable. Sin embargo, otras áreas económicas no han hecho uso de las herramientas disponibles.

Esta tesis documentó el desarrollo y la aplicación de un sistema de inteligencia artificial que hace uso de dos herramientas específicas: las redes neuronales artificiales y los algoritmos genéticos. Estos dos algoritmos tienen usos distintos, por un lado el reconocimiento de patrones y la predicción, por el otro la optimización.

El reconocimiento de patrones y la predicción en el área de pobreza y política social es de suma importancia. Los gestores de política social tienen a su alcance grandes recursos del Estado y tienen la responsabilidad de hacer el mejor uso de éstos. Para cumplir con esta responsabilidad es absolutamente necesario tener toda la información posible de los efectos que tendrán las distintas fluctuaciones de la economía así como de las propias políticas gubernamentales sobre los niveles de pobreza. Para ello es importante aprovechar todas las herramientas posibles.

Se ha hablado de la ventaja de los sistemas de redes neuronales artificiales como modelos adaptativos de regresión no lineal en general. En el ámbito específico de la predicción del comportamiento de los indicadores de pobreza estas ventajas son demostradas. La característica de los modelos adaptativos, los cuáles parten de los datos para construir el modelo, provee una ventaja enorme en nuestro caso. Gracias a que se parte de los datos para construir el modelo, se puede establecer un modelo que sea específico para las características de la pobreza en México. El modelo adaptativo que da las redes neuronales puede ajustarse a las características económicas específicas de este país así como a las características de la política social específica. Gracias al uso de las redes neuronales artificiales podemos tener un modelo que tome en cuenta las características tanto de una economía que es sumamente dependiente del intercambio con el extranjero y

de las fluctuaciones de la moneda, como de un sistema de política social focalizada y residual cuyo fundamento son las transferencias condicionadas a la población económicamente vulnerable. Esto es, el uso de este modelo adaptativo hace que resulte un modelo sui géneris para un sistema económico y político sui géneris. Además de que permite construir modelos cuya complejidad es la de sistemas no lineales, haciéndole más justicia a la complejidad inherente a un sistema económico de lo que haría un sistema lineal.

Esto no debe sorprender tanto ya que se había mencionado que la fuerza de los sistemas de redes neuronales artificiales está en su uso como herramientas predictivas, y que su fuerza resalta en la predicción de series de tiempo no lineales. La innovación aplicativa de esta tesis consiste en el enfoque económico. Se había mencionado que el uso de las redes neuronales artificiales en la economía suele ser para predicción de bancarrota de agentes económicos, para clasificación crediticia y para evaluar propiedades residenciales. Estos son usos que se dan en el área financiera y que resultan en utilidades económicas para las grandes empresas de este rubro. Se mostró un caso donde se usó para entender un aspecto general de la economía, pero nunca se habían usado con un sentido social. La naturaleza del modo de producción capitalista hace que los mejores recursos se utilicen para la maximización de la ganancia y no para la resolución de problemas sociales. Es importante recalcar que siendo la UNAM una universidad pública, su investigación debería tener un enfoque separado de aquél de la iniciativa privada. Gracias a ello se puede tener una tesis que haga uso de innovaciones tecnológicas para acercarse a problemas sociales.

Otra ventaja del uso de redes neuronales artificiales es el de la capacidad de uso de un número de variables económicas que en modelos matemáticos tradicionales representarían una gran dificultad de manejo. Con cada variable que se agrega en un sistema estadístico, la dificultad de su uso aumenta casi de modo exponencial, mientras que al usar el sistema de redes neuronales artificiales, prácticamente no hay distinción si se usan una, tres, o veinte variables. Las redes neuronales artificiales aumentan sus ventajas sobre modelos estadísticos al aumentar el número de variables que se utilizan y permiten resistir los efectos de la Ley de Trivialidad de Parkinson, que sostiene que las organizaciones dan más peso a cuestiones más triviales que a las más complejas. El hecho de que los modelos

más complejos en sistemas de redes neuronales no aumentan la complejidad para el usuario del sistema evita que este usuario construya modelos triviales.

Sobre estas ventajas generales y particulares que tiene la aplicación de sistemas de redes neuronales artificiales para la predicción del comportamiento de indicadores de pobreza, el sistema tiene las ventajas adicionales que obtiene gracias al uso del algoritmo genético. Esto se debe a que la gran cantidad de datos estadísticos disponibles sigue presentando una complejidad que las redes neuronales artificiales no pueden resolver por sí mismas. Los algoritmos genéticos son la solución más efectiva para resolver este problema. Este algoritmo de inteligencia artificial se usa para optimizar funciones matemáticas. En este caso lo que se busca optimizar es la elección de variables de entrada para las redes neuronales artificiales.

En particular, el algoritmo genético que contiene el sistema hace de especificaciones como la “selección sexual”, y la especiación¹⁷¹. La ventaja obtenida por la selección sexual es la optimización mediante especialización. Por otro lado la ventaja obtenida por la especiación es la variación. Unidas, estas dos especificaciones buscan optimizar especializándose en una cantidad de soluciones específicas. Se realiza una división de soluciones posibles y se buscan las mejores soluciones parecidas a estas. Entendiéndolo de otra manera, se buscan paralelamente varias soluciones diferentes, por cada camino se busca la mejor solución. Estas innovaciones existían ya en el campo de la inteligencia artificial, pero, como las redes neuronales artificiales, nunca fueron utilizadas en el área de pobreza y política social.

Además, este sistema contiene dos innovaciones técnicas sin precedentes. La primera, para que el algoritmo genético pudiera optimizar al máximo la elección de variables, es el mecanismo de herencia lamarckiana.¹⁷² Este mecanismo es una innovación propia, no existe en ningún otro lado y permite a un algoritmo genético aplicado a redes neuronales optimizar de manera aún más eficiente. Este mecanismo está inspirado por la teoría evolutiva del naturalista francés Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet Chevalier de Lamarck que competía con aquella de Darwin. Lo que diferencia la teoría Lamarckiana es

¹⁷¹ Niching Methods for Genetic Algorithms (1995) by Samir W. Mahfoud

¹⁷² La herencia lamarckiana en los algoritmos genéticos para redes neuronales artificiales puede ser el objeto de un futuro artículo académico, sus detalles no son expuestos aquí por ser ésta una tesis de la disciplina económica y no de ciencias computacionales.

la herencia de características adquiridas (para Darwin las características adquiridas no son heredadas). Con base en ello se desarrolló un procedimiento para que dentro del algoritmo genético, las características que las redes neuronales adquirieron mediante el entrenamiento y el mecanismo de retropropagación, fueran heredadas a las redes neuronales de las nuevas generaciones.

Para ejemplificar en el caso de la evolución biológica, si la herencia Lamarckiana funcionara para las redes neuronales humanas, las características adquiridas por nuestro cerebro con la experiencia serían heredadas a nuestros hijos. Esto querría decir que quienes fortalecen ciertas partes de su cerebro (partes del lenguaje, pensamiento cognitivo, visuales, musicales etc.), tendrían hijos que nacerían ya con esas partes del cerebro fortalecidas. Pero vale la pena recordar que no hay herencia genética de características adquiridas.¹⁷³

La segunda innovación tecnológica de este sistema, es el análisis de conexiones de las redes neuronales que permite obtener reportes sobre la relevancia que tiene el comportamiento de cada variable de entrada con respecto al comportamiento de la variable de salida. Las redes neuronales artificiales construyen sus modelos adaptativamente mediante el establecimiento de la fuerza entre las conexiones de los distintos nodos que conectan las variables de entrada con las variables de salida. El resultado del proceso de entrenamiento de la red neuronal mediante el mecanismo de retropropagación es el establecimiento de una topología cuya información consisten en la fuerza de cada una de las conexiones entre los distintos nodos. El sistema analiza estas conexiones y se enfoca en buscar las conexiones entre cada una de las variables de entrada y la variable de salida. Cada variable de entrada tiene varias conexiones con las variables de salida, y cada conexión tiene un peso. La suma de los pesos de todas las conexiones de cada variable de entrada con la variable de salida será diferente, y esta diferencia sugiere qué tan relevante es esa variable de entrada con la variable de salida.

En otras palabras, el sistema analiza qué tanto afecta el cambio de una variable de entrada al cambio de una variable de salida según las conexiones que se establecieron en la red neuronal. A esto es a lo que se llama en esta tesis “relevancia”. Con esto permite no

¹⁷³ Aunque recientemente se han realizado descubrimientos que sugieren una herencia epigenética de características adquiridas.

sólo hacer las predicciones para las cuales se desarrolló el sistema sino que también produce información sobre los posibles efectos que tiene una variable sobre otra.

Vale la pena aclarar que a estas relaciones se les ha llamado relevancias para que no se confunda con lo que se conoce como relación estadística. La característica compleja de un sistema de redes neuronales artificiales es que puede encontrar efectos más complejos que surgen de la interrelación de dos o más variables. Esto viene de la naturaleza no lineal del modelo de redes neuronales artificiales.

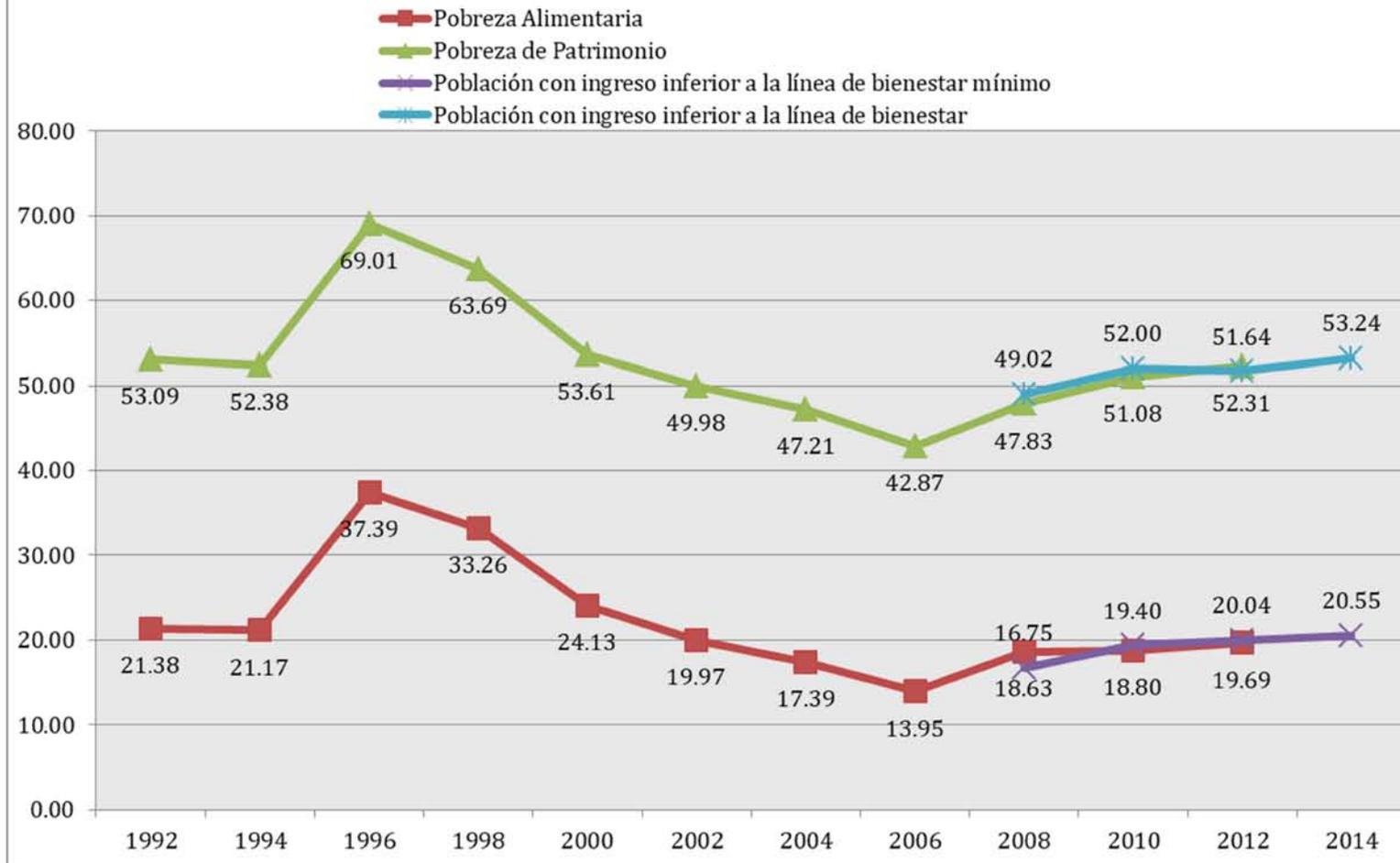
4.2. MEDICIÓN DE LOS EFECTOS DE LA POLÍTICA SOCIAL Y DISTINTOS INDICADORES ECONÓMICOS SOBRE LOS INDICADORES DE POBREZA MEDIANTE EL SISTEMA DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Para los objetivos de esta tesis la mayor ventaja de las metodologías de medición de la pobreza es que produjeron mediciones cuantitativas de varios años. Gracias a esto se puede hacer una relación entre los distintos indicadores económicos y los indicadores producidos por esta metodología. Además la simplicidad de la medición permite establecer periodos y hacer observaciones sobre tendencias en estos periodos.

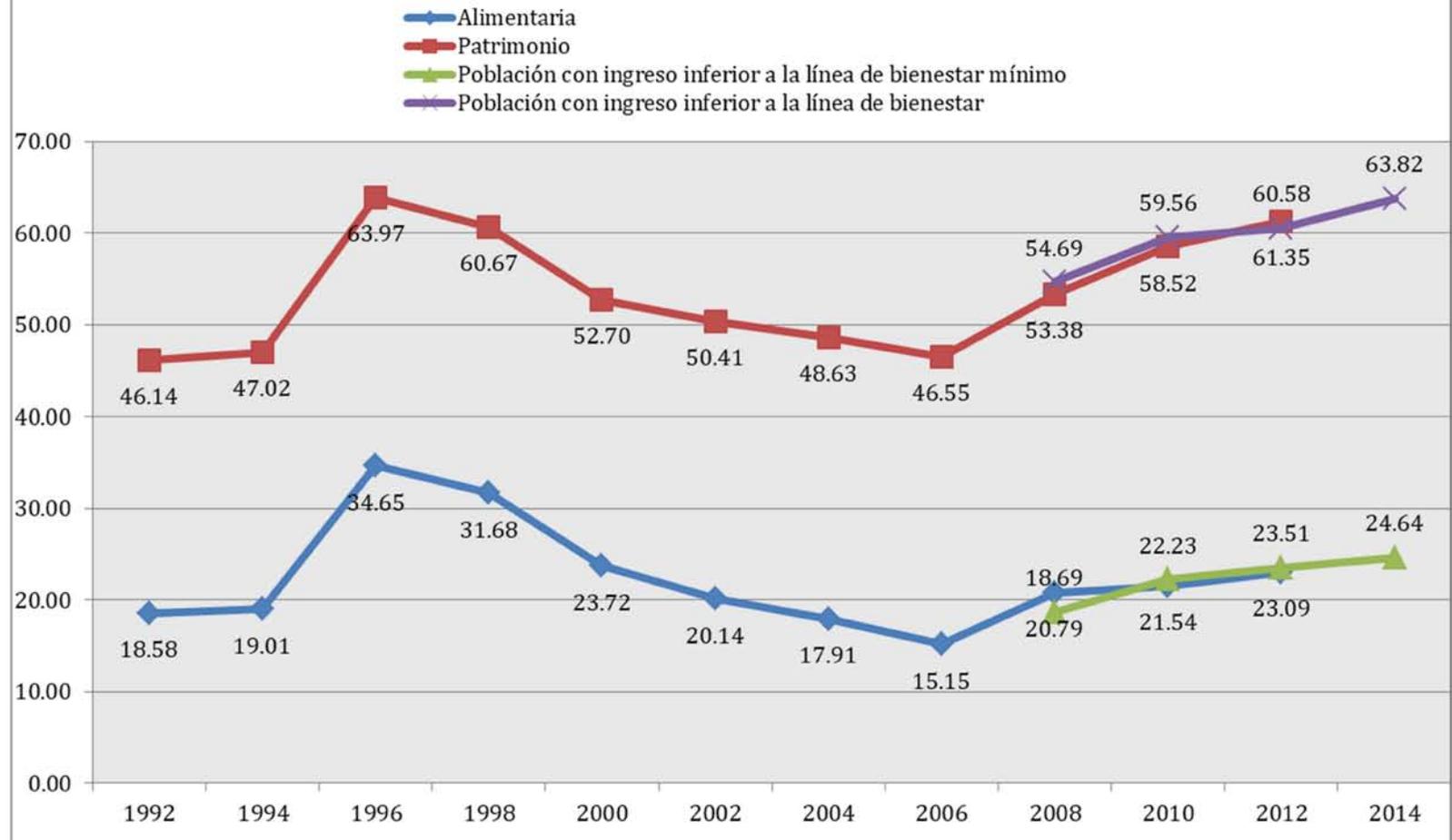
Por ello vale la pena volver a observar el comportamiento de los indicadores de pobreza en México de CONEVAL. Las gráficas 1 y 2 muestran la evolución de la pobreza desde 1992 en porcentaje de personas y millones de personas respectivamente.

Lo primero que podemos observar es que como consecuencia de la crisis económica de 1994 la preeminencia de la pobreza alimentaria casi se duplica en el país, tanto en total como en porcentaje. Después de ello vemos diez años de un continuo descenso de la pobreza, que puede deberse a la recuperación del shock económico y a las políticas sociales implementadas. La recuperación a la situación anterior a la crisis se había logrado en 2002 en términos relativos y en 2006 en términos absolutos pero a partir de 2008 la pobreza vuelve a aumentar continuamente y hasta hoy no ha iniciado una recuperación. Esto ha demostrado la falla de las políticas económicas y sociales de los gobiernos de los dos últimos sexenios para poder combatir realmente la pobreza.

Gráfica 1: Evolución de la pobreza por la dimensión del ingreso (Porcentaje de personas)



Gráfica 2: Evolución de la pobreza por dimensión del ingreso (Millones de Personas)



Por esta razón es absolutamente crucial usar todas las herramientas posibles para tener el mejor entendimiento que se pueda acerca del comportamiento de los niveles de pobreza en México ya que esta es la única manera en la cual se podrá tener la información necesaria para poder implementar acciones que verdaderamente detengan el descenso de la gente a estándares de vida de pobreza.

Para ello se hará uso de los resultados obtenidos. El sistema de inteligencia artificial produjo dos tipos de resultados. El primero son las predicciones del comportamiento de los indicadores de pobreza en México. El segundo son las variables elegidas y los pesos establecidos para la predicción. A partir de esta información se puede realizar un análisis de estas variables y tratar de explicar por qué se le dieron estos pesos los cuales se sintetizan en la siguiente tabla:

Tabla 15: Pesos predictivos de datos para el comportamiento de los indicadores de pobreza

Grupo de indicadores	Peso predictivo según índice a predecir			
	Pobreza Alimentaria (Total)	Pobreza de Patrimonio (Total)	Pobreza Alimentaria (Porcentaje)	Pobreza de Patrimonio (Porcentaje)
Cobertura Progres/Oportunidades	23.15	27.54	25.89	14.99
Gasto Progres/Oportunidades	1.96	-	6.36	7.00
Importación de productos de las industrias alimentarias	14.89	-	7.52	5.21
Índice de la canasta Básica	2.91	37.42	-	-
Índice del tipo de cambio real del peso mexicano	14.79	24.82	10.61	19.31
Inflación	16.02	-	10.80	30.92
Monto per cápita Progres/Oportunidades	22.68	9.72	26.19	22.58
Salario mínimo	3.59	-	5.53	-
Presupuesto Progres/Oportunidades	-	0.51	1.14	-
Gasto en Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación	-	-	5.95	-

En esta tabla se puede observar que la política social es la que tiene el mayor efecto. En segundo lugar vemos el efecto de los indicadores relacionados con la canasta básica y la inflación. También vemos el fuerte efecto del tipo de cambio. A continuación se realizará un análisis de estos fenómenos y sus efectos sobre la pobreza, así como de los ingresos de las remesas que extrañamente no tuvieron relevancia en los resultados.

4.2.1. EFECTOS DE LA POLÍTICA SOCIAL

Como se observa en el segundo capítulo, la política social es la intervención pública sobre la sociedad para proteger a los sectores de ésta que son más vulnerables. Entendiendo a la pobreza como una de las razones más preeminentes para que haya sectores vulnerables de la población, puede entenderse que parte de la política social consiste en el combate a la pobreza. El tipo de régimen de política social que toma esto como fundamento es el focalista.

Este régimen es el más reciente en México y que comienza durante la administración presidencial de Ernesto Zedillo. Los recursos de la política social se enfocan en el sector más vulnerable de la política social mientras que se mantiene una política económica no intervencionista.

A partir de Progresá se comienza con el programa de apoyos monetarios a miembros de la población con menores ingresos para que tengan un ingreso complementario y puedan satisfacer sus necesidades alimenticias. Progresá cambia a Oportunidades durante el sexenio de Vicente Fox que amplía la cobertura del programa y establece condiciones que deben cumplir aquellos que reciben los beneficios monetarios para mantenerse en él. Fuera de los cambios presupuestales, este programa tiene pocos cambios durante el sexenio de Felipe Calderón Hinojosa. Este programa dura hasta el año 2014, año de la última medición de la pobreza, cuando es cambiado a PROSPERA.

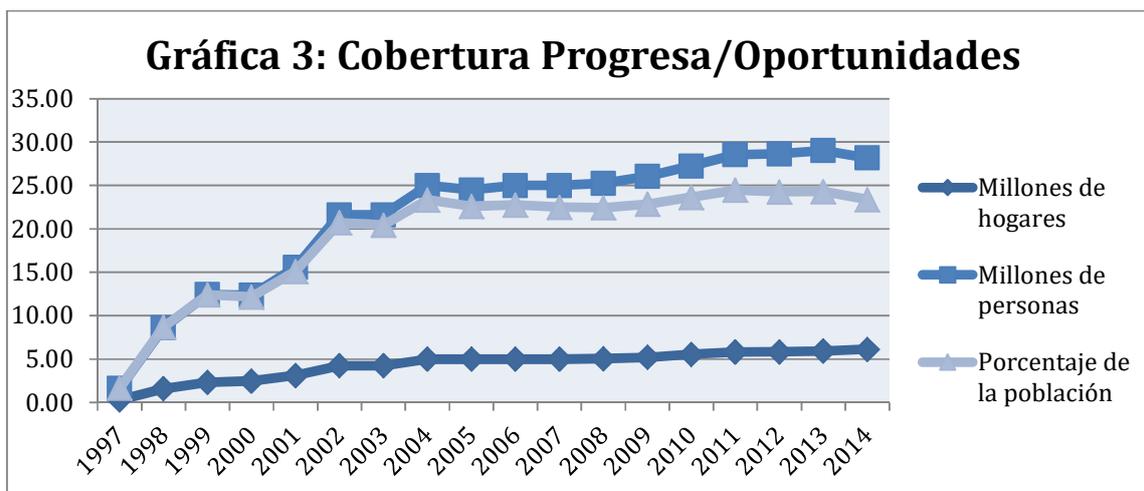
Siendo que el fundamento de estos programas son las transferencias monetarias, es posible obtener datos muy precisos acerca de lo que han hecho. La Secretaría de Desarrollo Social, publica una serie de datos que nos permiten entender lo que ha sucedido con estos programas, los cuales son: Presupuesto de los programas, gasto de los programas, montos de las transferencias de estos programas y su cobertura. El presupuesto y el gasto de los

programas nos permiten ver el costo que tiene para el gobierno mantener a los programas mientras que los montos y la cobertura nos permiten ver los productos inmediatos de los programas.

Es importante hacer una distinción entre estos dos tipos de valores. El presupuesto y el gasto de los programas no siempre se reflejaran en el monto y la cobertura que dan. Los programas de transferencias monetarias no gastan todo su dinero en las transferencias, existen una serie de gastos en los que se incurren que son diferentes. Todo programa gubernamental requiere de hacer gastos en infraestructura y en salarios para que funcione. Por esta razón los cambios en presupuestos y gastos no son directamente gastos en cobertura y montos. Una administración eficiente tendría el efecto de que el aumento del gasto se reflejara en aumentos en las transferencias. Lo ideal sería que el aumento en el presupuesto de estos programas tuviera la consecuencia de disminuciones en los niveles de pobreza en México. Con relación a esto se observó que el sistema de inteligencia artificial encontró una alta relevancia en las variables de cobertura y montos máximos y baja relevancia en el presupuesto de estos programas.

La **Gráfica 3** muestra el cambio que se ha dado en la cobertura de los programas de asistencia social Progresas y Oportunidades, por hogares, por individuos y como porcentaje de la población. El comportamiento de estos indicadores se puede dividir claramente en dos etapas; una etapa inicial (de 1997 a 2004) en la que la cobertura aumenta rápidamente¹⁷⁴ y una segunda etapa (2004-2007) donde la cobertura deja de aumentar y una tercera etapa más complicada. Desde el año 2008 la cobertura por hogares aumenta lentamente, y la cobertura por total de personas ya no responde a un aumento igual del porcentaje de personas. Desde 2004 el aumento de la cobertura es dejado atrás por el aumento poblacional.

¹⁷⁴ El cambio es más claro por persona.

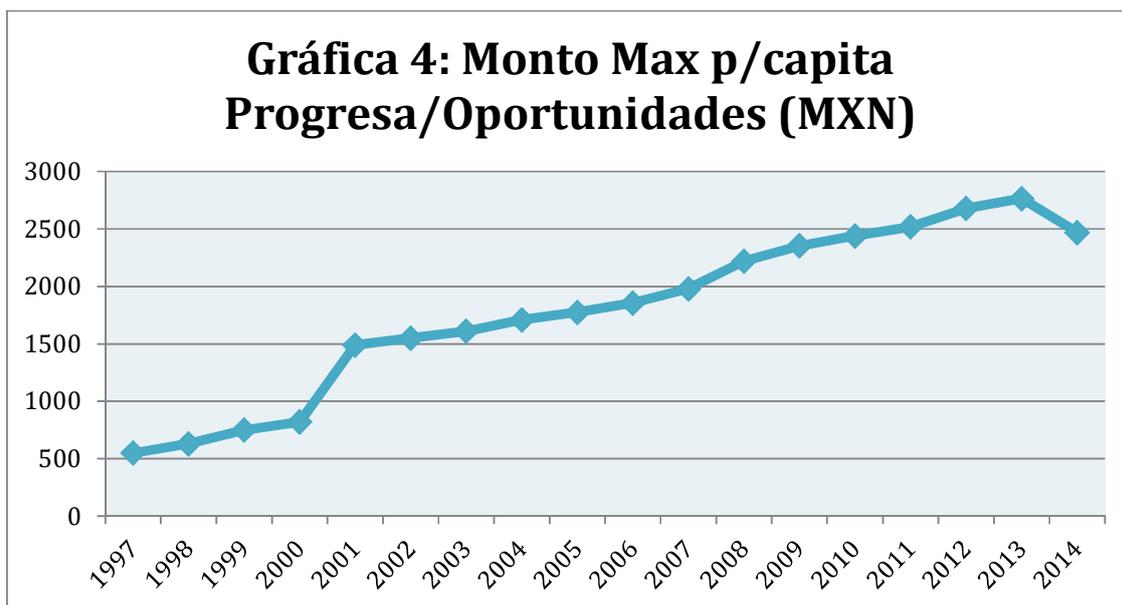


Fuente: CEPAL con datos de SEDESOL

El sistema de inteligencia artificial nos sugiere un vínculo entre la cobertura de estos programas y los índices de pobreza. Observando los comportamientos el vínculo se vuelve lógico y evidente. Cuando estos programas dejan de aumentar su cobertura, la pobreza aumenta.

Este fenómeno se puede deber la trampa de la pobreza. La población que aún se encuentra en situación de pobreza y no es atendida por los programas de política social, no solo falla en salir por sí misma de la situación de pobreza sino que produce más familias en situación de pobreza. Los hijos de las familias pobres no obtienen una educación que les permita mejorar su situación económica y crean a su vez familias en situación de pobreza.

La **Gráfica 4** nos muestra el cambio a través del tiempo del monto máximo que tienen las transferencias condicionadas en los programas Progresa y Oportunidades. Lo que se observa es un crecimiento constante de esta cantidad con excepción de los años 2001 y 2014 en donde aumenta repentinamente y disminuye respectivamente. El efecto del aumento repentino no es directamente observable en los índices de pobreza. Por otro lado está por verse el efecto que tiene la disminución del monto máximo, pues este suele estar desfasado; las consecuencias de este cambio se verán en las mediciones de los años 2016 y 2018.



Fuente: CEPAL con datos de SEDESOL

Complementariamente a lo anterior, es importante observar el cambio que ha tenido el presupuesto y el gasto de estos programas de política social. Como se observa en la ejecución del sistema, estos indicadores tienen muy poca relevancia para predecir el comportamiento de los índices de pobreza en México. En la siguiente gráfica podemos ver la evolución de este presupuesto y el gasto. Lo primero que es evidente en la **Gráfica 5** es que durante veintidós años, desde 1997 hasta 2009, ambas magnitudes van a la par. Esto cambia en el año de 2010 en el que el gasto se encuentra por debajo del presupuesto, así como a partir de 2012. Por alguna razón, en estos años se deja de hacer uso de todo el presupuesto que está destinado a este programa. También podemos ver que el presupuesto disminuye en los años 2011 y 2012.

Hay un aumento aparentemente extraordinario en el gasto del programa Oportunidades entre 2009 y 2011, años en los cuales aumente la cobertura del programa. Interesantemente, la reducción del gasto en el año siguiente no tiene ningún reflejo ni sobre la cobertura ni sobre el monto máximo de estos programas. También se puede observar que entre los años 2006 y 2011, a pesar de un aumento constante del gasto en Oportunidades, no se observa un aumento en la cobertura ni en la efectividad. Todo esto puede sugerir que hay un problema interno en el uso del presupuesto. El cambio en el presupuesto y el gasto no se refleja en un cambio en los efectos directos e indirectos de los programas (cobertura y

disminución de la pobreza). Lo que nos sugiere que hace falta una observación más minuciosa del funcionamiento de estos programas para aumentar su efectividad.

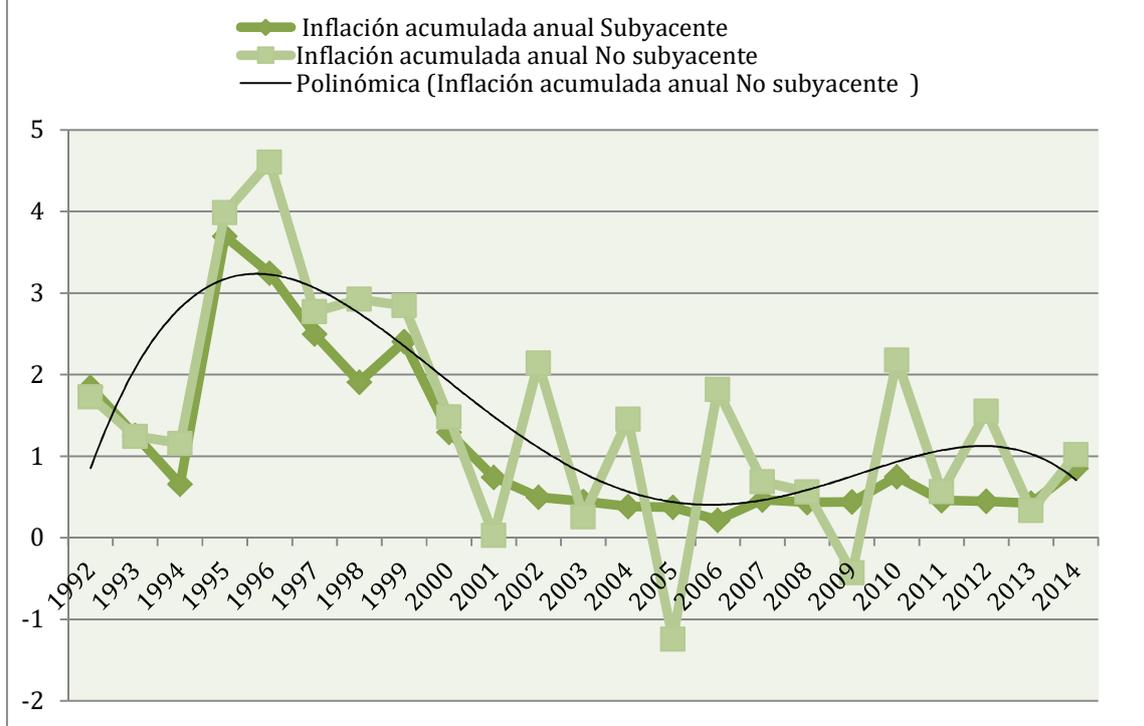


Fuente: CEPAL con datos de SEDESOL

4.2.2. EFECTOS DE LA INFLACIÓN

La inflación subyacente y no subyacente tienen la característica de afectar a la pobreza mediante el cambio en el gasto de las familias en situación de vulnerabilidad económica. En la **Gráfica 6** se puede observar la tendencia que han tenido la inflación subyacente y no subyacente durante el periodo de tiempo que se ha medido la pobreza. Se puede observar que el máximo punto en ambas coincide con el momento en el que se registra un mayor aumento de la pobreza en este país, consecuencia de la crisis de 1994. También se puede observar que en ambas, hay una tendencia decreciente desde ese momento hasta el año 2006 cuando la tendencia se voltea. Esto nuevamente coincide con el comportamiento de los indicadores de pobreza.

Gráfica 6: Inflación

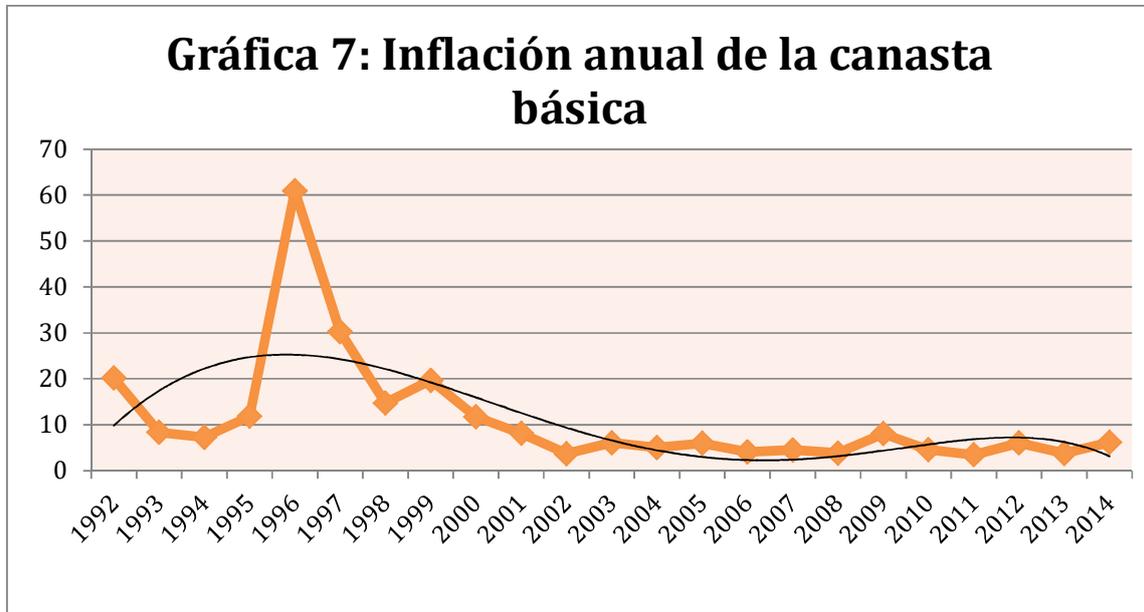


Fuente: INEGI

Vale la pena explicar la doble relación que guarda la inflación con los indicadores de pobreza. Por un lado hay una relación nominal pues la inflación mide los cambios en los precios de bienes y las líneas de pobreza se definen a partir de estos precios. Cuando cambian los precios de los bienes cambian las líneas de pobreza. La inflación tiene el efecto nominal de aumentar el valor de las líneas de pobreza lo que causará que más familias estén por debajo de esa línea y el valor del indicador aumente. Por otro lado tenemos el efecto real de que si los precios de los bienes aumentan, los ingresos familiares alcanzan para un menor consumo y permitiendo satisfacer menos necesidades. El efecto por lo general suele ser inmediato, pero también acumulativo.

En la **Gráfica 7** se puede observar la misma tendencia, un máximo que coincide con el máximo en pobreza del año de 1996 y una reducción subsecuente. Sin embargo la reducción se detiene en el año 2002, a partir del cual tiene cambios más sutiles. La línea de tendencia polinómica extiende esta reducción hasta el año 2006 cuando inicia un

incremento que dura hasta el año de 2012, pero esto no es tan evidente con los datos directos.



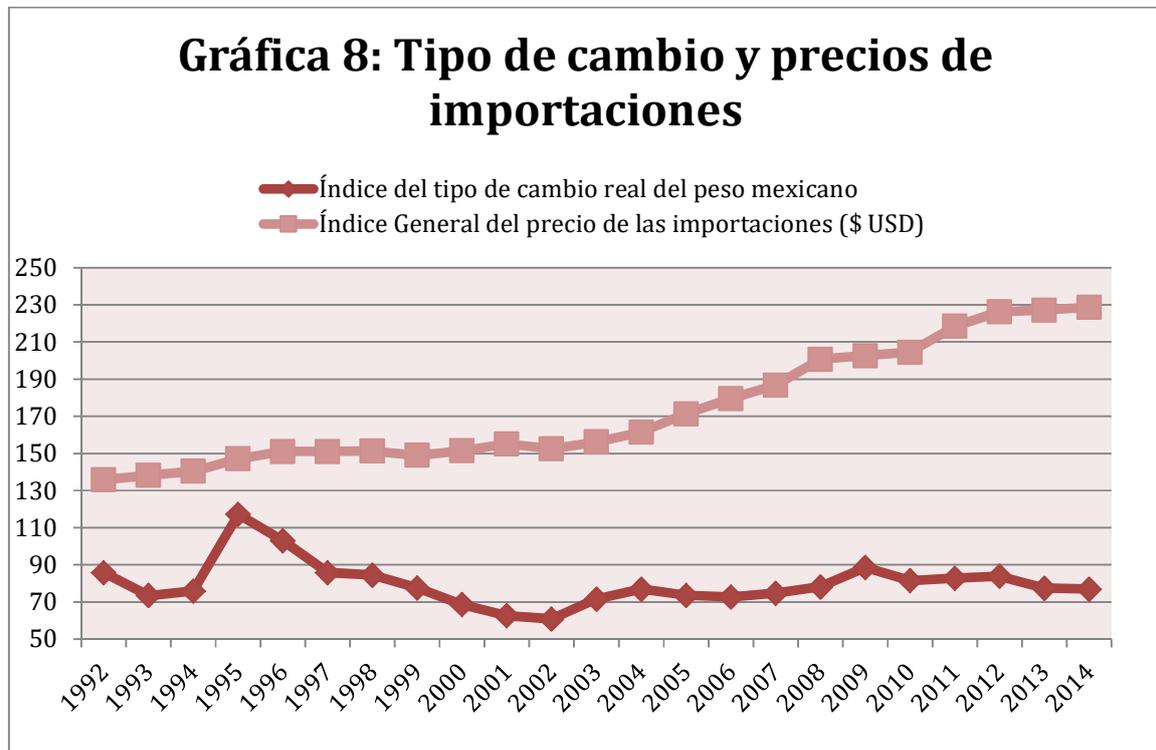
Fuente: INEGI

El hecho de que este índice no expresa tan bien el cambio en las mediciones de pobreza como lo hacen los índices de inflación, sugiere que éste no refleja tan adecuadamente los cambios en las necesidades de consumo de la población vulnerable. Esto se puede deber a que los elementos que constituyen esta canasta fueron elegidos en 1988 y las tendencias y necesidades de consumo de las familias han cambiado desde entonces. Si es el caso, valdría la pena crear una nueva canasta básica que mejor reflejara el consumo de las familias mexicanas.

4.2.3. EFECTOS DEL TIPO DE CAMBIO E IMPORTACIONES

El tipo de cambio real y los precios de las importaciones fueron dos variables que tuvieron mucho peso en las predicciones del sistema. En la **Gráfica 8** se puede observar que fuera del salto del índice del tipo de cambio real del peso mexicano de 1994 a 1995 no se manifiesta una relación a primera vista. No se observan coincidencias en los momentos en que cambian su comportamiento estos indicadores y los indicadores de pobreza. La

razón se debe a que, como se menciona anteriormente, las redes neuronales artificiales son capaces de encontrar relaciones no lineales entre variables, y éste parece ser el caso para estos indicadores.



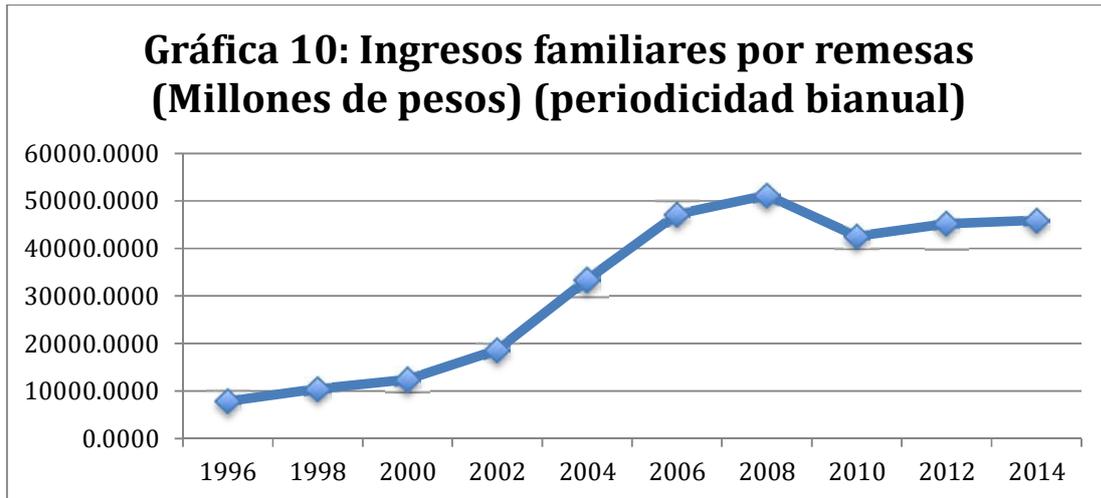
Fuente: Banco de México

Es fácil entender cómo afectarían estos indicadores a los niveles de pobreza, pues cuando éstos aumentan, aumentan los costos de los bienes importados. Varios de estos bienes son parte afectan el consumo familiar directa o indirectamente. Ya sea directamente cuando se consumen bienes importados, o indirectamente cuando se consumen bienes que necesitan de productos importados para su producción.

Por otro lado, el aumento de estos indicadores podría tener consecuencias beneficiosas para las familias en situación de pobreza ya que muchas de ellas obtienen sus ingresos a partir de la venta de productos agrícolas. Los productores locales suelen tener que competir con productores extranjeros, un aumento de precios de bienes importados aumentaría los precios a los cuales los agricultores pueden vender sus bienes.

4.2.4. INGRESOS POR REMESAS FAMILIARES

El hecho de que las remesas familiares no aparecen como variables relevantes en los resultados es curioso y podría parecer contradictorio. Vale la pena hacer un análisis al respecto.



Fuente: Banco de México

La **Gráfica 10** muestra el cambio de este indicador en la periodicidad bianual, que es cómo ingresa el dato al sistema.¹⁷⁵ Lo que llama la atención es que tiene un comportamiento muy distinto al de los indicadores de pobreza, en particular en el periodo 2006-2008. Mientras que la pobreza en ese periodo dejó de disminuir para iniciar un acenso, el ingreso familiar de remesas continuó su tendencia a aumentar. La única reducción en este indicador se da en el periodo 2008-2010, ese periodo es *sui generis* en cuanto a ingresos familiares de remesas, pero no lo es en cuanto a pobreza. Por otro lado la máxima reducción de la pobreza se da en el periodo 1998-2000, el cuál es el periodo donde las remesas se incrementan más lentamente.

Desde un aspecto más teórico surgen varias posibilidades de por qué las remesas no aparecen como datos relevantes en las redes. La primera posibilidad es que las remesas son un ingreso al que no pueden acceder las familias en situación de vulnerabilidad. La migración hacia estados unidos es costosa y para lograrla se necesita de una inversión de

¹⁷⁵ Esto significa que para cada año se muestra la suma del monto de ese año con el año anterior.

capital inicial que las familias más vulnerables no podrán tener. En este sentido las remesas podrían no llegar a la población más pobre.

Otra posibilidad surge de comparar el ingreso por remesas con el ingreso por las transferencias. Resulta que los montos de las transferencias no son tan importantes como la cobertura para afectar a los niveles de pobreza. Lo mismo puede suceder con las remesas, puede ser que ingrese más dinero, pero éste no se distribuya entre familias sino que se concentra. Algunas familias salen de la pobreza pero los incrementos totales no significan que más familias tengan acceso a este ingreso, sino que quienes tienen acceso a él tienen un mayor ingreso. Por ello puede ser que sin saber cuántas familias tienen ingresos por remesas, y en qué condiciones económicas están esas familias, no es posible ver cómo afectarán las remesas a los niveles de pobreza.

4.3. CONSIDERACIONES FINALES

El objetivo principal de esta tesis era la realización de un experimento para determinar si es posible predecir el comportamiento de los indicadores de pobreza en México mediante un sistema de inteligencia artificial. Observando los resultados, queda demostrado que dentro del margen de error establecido, tal objetivo se ha cumplido.

Para el objetivo secundario de la tesis, de entender la situación de pobreza en México y su relación con la política social, se han obtenido muchos elementos que permiten un análisis final en tres puntos.

La información producida mediante los pesos predictivos para los indicadores de pobreza permite hacer un análisis sobre la política social en México. A partir de 1997 esta política social tiene su fundamento en programas de transferencias condicionadas que en un principio se fueron extendiendo rápidamente en cuanto al monto que transferían y la cantidad de personas que cubría.

El sistema de inteligencia artificial sugiere que el descenso en la cantidad de gente en situación de pobreza que vio el país hasta el año 2006 fue en parte consecuencia de estos programas, en particular para la pobreza alimentaria. El efecto fue tan grande que durante el sexenio presidencial de Vicente Fox la cantidad de personas en situación de pobreza

descendió por debajo de los niveles en los que se encontraba antes del catastrófico “Error de Diciembre”. Pero el efecto terminó con el inicio del sexenio de Felipe Calderón.

Desde finales del sexenio de Vicente Fox, el programa Oportunidades dejó de aumentar su cobertura a la velocidad a la que lo había hecho, prácticamente manteniéndose estática. Mientras que entre los años 2004 y 2014 el presupuesto aumento de 25 mil millones a 74 mil millones de pesos, esto es prácticamente se triplicó, la cobertura aumentó de 25 a 28 millones de personas, sólo 12% en 10 años.

El gobierno mexicano lleva 10 años aumentando su inversión en combate a la pobreza y el resultado sólo ha sido más pobreza. Es evidente que no hace falta más dinero, sino que el dinero se ha administrado mal. Todavía hay mucha gente en este país que podría beneficiarse por programas de asistencias condicionadas, pero la Secretaría de Desarrollo Social no usa los aumentos presupuestales para extender esta cobertura. Esto concuerda con CONEVAL cuando afirma que “es evidente que existe una gran dispersión de recursos en diversos programas, lo cual significa una atomización del gasto que puede traducirse en falta de efectividad y eficiencia.”¹⁷⁶ Indica que esto podría deberse a que los programas a pequeña escala incurren en costos fijos altos, al crecimiento de aparatos burocráticos, posibles duplicidades de programas, problemas de coordinación interinstitucional y entre estados y municipios. Todo esto se reduce a que urge un viraje administrativo que permita un verdadero combate a la pobreza.

Lo que también fue observado, gracias a la ejecución del sistema de inteligencia artificial, fue la enorme relevancia que tiene la inflación subyacente para la pobreza, en particular para la pobreza de patrimonio. Cuando los precios de los bienes más volátiles suben o bajan, las familias mexicanas pueden balancear su gasto mediante el consumo de bienes que se encuentran a bajo precio en cada momento. Pero cuando todos los bienes suben de precio lo único que queda es consumir menos.

La política económica actual del país es anti inflacionaria. Los resultados aquí dados podrían sugerir que tal política es adecuada para el país, sin embargo esto es porque esta política sólo afecta los gastos de la población en situación de pobreza. Esta política ha afectado al salario mínimo de tal modo que le ha quitado cualquier poder de levantar a los trabajadores y sacarlos de la pobreza. Su monto, determinado por la Comisión Nacional de

¹⁷⁶ CONEVAL (2015), p. 114.

Salarios mínimos, para el año 2016 fue de 73.04 pesos diarios. Esto equivalía a un pago mensual de \$2191.2 que se encuentra por debajo de la línea de bienestar establecida por Coneval para enero del mismo año de \$2701.82. Esto quiere decir que una persona que no tiene dependiente y que trabaja por el salario mínimo se considera en situación de pobreza. Pero en una familia nuclear tradicional donde un miembro trabaja por un salario, otro miembro trabaja en casa y se tienen dos niños, un salario mínimo de \$2191.2 mantendría a la familia por debajo del nivel de bienestar mínimo rural de \$3824.64 (el más bajo para una familia de 4 miembros).

Esto es imperdonable, especialmente considerando que el consumo de las familias es dependiente de mercancías importadas por lo que queda claro que un aumento en los salarios no necesariamente se traduciría en un aumento igual en los precios. El supuesto beneficio sobre el bienestar de las familias que el discurso neoliberal presume para tener un salario mínimo controlado por una política anti inflacionaria no está justificado, un cambio salarial radical, indudablemente se traduciría en un cambio en la situación de vulnerabilidad de muchas familias Mexicanas.

Finalmente vale la pena considerar el valor que puede tener el uso de los sistemas de inteligencia artificial para la economía y la política social. Sería sumamente enriquecedor que el gobierno hiciera uso de esta herramienta para evaluar sus propias estrategias de política social y de política económica, en particular para determinar mejores estrategias de combate a la pobreza. Gracias a ello aquí se presenta evidencia sobre la importancia que tiene reestructurar los programas de transferencias condicionadas para aumentar su cobertura.

El sistema podría ser utilizado por la Secretaría de Desarrollo Social de distintos modos. Podría ser de utilidad hacer predicciones sobre el comportamiento de los índices de pobreza para establecer políticas más preventivas que correctivas. Con datos más específicos por entidad federativa podría establecer una mejor estrategia en sentido regional. Puede también determinar cuál es la manera más eficiente de ubicar los recursos.

Si nos limitamos a la economía podemos encontrar muchas posibles aplicaciones para la inteligencia artificial. Hay muchos otros indicadores económicos de enorme importancia cuyo comportamiento puede predecirse como lo son el precio del petróleo, la paridad de la moneda, la balanza comercial, el Producto Interno Bruto.

Sin embargo el problema de la pobreza va más allá de la visión meramente económica, vale la pena aclarar la importancia de una visión integral y de derechos humanos. Como lo indica la ONU:

La pobreza es en sí misma un problema de derechos humanos urgente. A la vez causa y consecuencia de violaciones de los derechos humanos, es una condición que conduce a otras violaciones. La extrema pobreza se caracteriza por vulneraciones múltiples e interconexas de los derechos civiles, políticos, económicos, sociales y culturales, y las personas que viven en la pobreza se ven expuestas regularmente a la denegación de su dignidad e igualdad¹⁷⁷

La pobreza no solo produce violaciones a derechos humanos, sino que es causada por ellas. La pobreza y las violaciones a derechos humanos hunden a la gente en círculos viciosos de desigualdad e injusticia de los cuales rara vez logran escapar. No obstante, un sistema de inteligencia artificial como éste puede ser usado para una política pública de combate a la pobreza con enfoque en derechos humanos. Así como se puede predecir el efecto de distintos fenómenos sobre la pobreza de ingresos, se puede aplicar a la predicción de indicadores de derechos humanos, tanto económicos, sociales y culturales como civiles y políticos. Poder predecir los efectos de las políticas públicas y demás fenómenos sobre la situación de derechos humanos en el país ayudaría a plantear verdaderas soluciones a la pobreza a la vez que serviría para analizar la mejor manera que el Estado pueda cumplir con sus obligaciones ante sus ciudadanos.

Por ello y más un sistema de inteligencia artificial como el desarrollado puede permitir un acercamiento a la objetividad y a la precisión científica en la economía y en la política pública y de ese modo ser una herramienta muy poderosa para el cambio social.

¹⁷⁷ Naciones Unidas, Los Principios Rectores sobre la Extrema Pobreza y los Derechos Humanos, aprobados por el Consejo de Derechos Humanos el 27 de septiembre de 2012. Asamblea General, A/HRC/21/39, 18 de julio de 2012, párr. 5.

6. BIBLIOGRAFÍA

6.1. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Barba, Carlos, *Las reformas económica y social en América Latina: regímenes de bienestar en transición* en Cordera, R. y Cabrera, J. (coord.), (2008) “Política social: experiencias internacionales”. México: UNAM, Facultad de Economía. pp. 41-82.
- Bishop, C. M. (1995). *Neural networks for pattern recognition*. Oxford: Clarendon Press.
- Boltvinik, Julio. *Ampliar La Mirada: Un Nuevo Enfoque De La Pobreza Y El Florecimiento Humano*. Guadalajara, Jalisco, México: J. Boltvinik Kalinka, 2005.
- Cabrera Adame, Carlos Javier. *La política social en México* en Cabrera, A. C. J., & Gutiérrez, L. A. A. (2011). “La protección social en México”. México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 21-76.
- Cárdenas Rodrigues, Oscar Javier. *Poverty Reduction Approaches in Mexico since 1950: Public Spending for Social Programs and Economic Competitiveness Programs* en “Journal of Business Ethics”, Vol. 88, Supplement 2: Central America and Mexico: Efforts and Obstacles in Creating Ethical Organizations and an Ethical Economy (2009), pp. 269-281.
- CONEVAL (2012). *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*. Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social.
- Costanzo, Sabatino, Trigo, Loren, Jiménez, Luis, & González, Juan. (2007). *A Neural Networks Model of the Venezuelan Economy*.
- Cruz Gonzáles, Mario. *El programa oportunidades* en Cabrera, A. C. J., & Gutiérrez, L. A. A. (2011). “La protección social en México”. México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 21-76.
- Heath, J. R. (1985). *El Programa Nacional de Alimentación y la crisis de alimentos*. en “Revista Mexicana De Sociología”. 47, 115-135.
- Herbrich, R., Keilbach, M., Graepel, T., Bollmann-Sdorra, P., & Obermayer, K. (January 01, 1999). Neural Networks in Economics. *Advances in Computational Economics*, 11, 169-196.

- Kröse, B. J. A., & Smagt, P. P. (1994). *An introduction to neural networks*. Amsterdam, Hollande: University of Amsterdam. Faculty of Mathematics & Computer Science.
- Lahera Parada, Eugenio (2004), *Introducción a las políticas públicas*, FCE, Santiago de Chile.
- Meny, Yves y J.C. Thoenig (1992). *Las políticas públicas*, Ariel, Barcelona.
- Naciones Unidas, *Los Principios Rectores sobre la Extrema Pobreza y los Derechos Humanos*, aprobados por el Consejo de Derechos Humanos el 27 de septiembre de 2012. Asamblea General, A/HRC/21/39, 18 de julio de 2012.
- OMS (1985), *Necesidades de energía y de proteínas: informe de una reunión consultiva conjunta FAO/OMS/UNU de expertos*. Ginebra.
- ONU-CEPAL e INEGI, *Magnitud y evolución de la pobreza en México, 1984-1992. Informe metodológico*. México, INEGI, 1993
- Palacios Escobar, Ángeles. *Diferencias, limitaciones y alcances de las estrategias de combate a la pobreza en México*, en Cordera, R. y Cabrera, J., “La política social en México: tendencias y perspectivas”, FE-UNAM, México, (2007), pp. 143-202.
- Rojas, R. (1996). *Neural networks: A systematic introduction*. Berlin: Springer-Verlag.
- Székely, M. (2005). *Números que mueven al mundo: la medición de la pobreza en México*. México, SEDESOL.
- Ziccardi, Alicia (Oct. - Dec., 1999). *Pobreza, territorio y políticas sociales*. En “Revista Mexicana de Sociología”, Vol. 61, No. 4, pp. 109-126
- Ziccardi, Alicia. “Las políticas y los programas sociales de la ciudad del siglo XXI” en *Papeles de Población*, vol. 14, núm. 58, octubre-diciembre, 2008, pp. 127-139, Universidad Autónoma del Estado de México. México.

6.2. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Ávila Martínez Ángel y Enrique González Tiburcio, "Ley general de desarrollo social. Alcances y limitaciones", *Economía Informa* núm. 323, febrero de 2004.

- Ávila, José Luis, *La era neoliberal*, Enrique Semo (coord.) Historia económica de México, Océano-UNAM, México, 2006, Tomo VI
- Benetti, Carlo. 1990. Moneda y teoría del valor. FCE, México.
- Cabrera, A. C. J., & Cordera, R. (2008). Política social: Experiencias internacionales. México, D.F: UNAM, Facultad de Economía.
- Cabrera, A. C. J., & Gutiérrez, L. A. A. (2011). La protección social en México. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cortés, Fernando, et. al., “Evolución y características de la pobreza en México en la última década del siglo XX”, en Miguel Székely, *Números que mueven al mundo: la medición de la pobreza en México*, SEDESOL, CIDE, ANUIES y Porrúa, México, 2005, pp.223-251.
- Cottrell, Allin. 1994. “Postkeynesian Monetary Economics”. *Cambridge Journal of Economics*
- Darwin, C. (1990). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favored races in the struggle for life*. Champaign, Ill: Project Gutenberg.
- Davidson, Paul. 1991. “Money: Cause or Effect? Exogenous or Endogenous?” En: Edward J. Nell y Willi Semmler. *Nicholas Kaldor and Mainstream Economics. Confrontation or Convergence?* MacMillan, Houndsmills.
- De Brunhoff, Suzanne. 1990. “Fictitious Capital”. En, J. Eatwell (et. al). *Marxian Economics*.
- De la Peña Sergio y Teresa Aguirre, *De la Revolución a la industrialización*, Enrique Semo (coord.) *Historia económica de México*, Océano-UNAM, 2006, Tomo IV
- Dornbusch, R., Fischer, S., & Mazzanti, M. (1992). *Macroeconomía*. Bologna: Il mulino.
- Friedman, Milton. 1970. “A Theoretical Framework for Monetary Analysis”. En, R.J. Gordon (edit.). *Milton Friedman’s Monetary Framework*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Friedman, Milton. 1993. *Los prejuicios del dinero. Hacia un nuevo liberalismo económico*. Grijalbo, México.

- Gracida, Elsa, *El desarrollismo*, Enrique Semo (coord.) *Historia económica de México* Océano-UNAM, Tomo V, 2004
- Gutiérrez Pérez, Antonio. 1989. “Dinero y gestión estatal”. Investigación Económica 188.
- Hayek, Friedrich A. 1983. *La desnacionalización del dinero*. Ediciones Orbis, Barcelona.
- Hinkelammert, F.J. 1988. *La deuda Latinoamericana*. DEI: Costa Rica.
- Juan Carlos Moreno Brid y Jaime Ros Bosch. *Desarrollo y crecimiento en la economía mexicana. Una perspectiva histórica*. FCE, 2010
- Keen, S. (2011). *Debunking economics: The naked emperor dethroned?*. London: Zed Book.
- Keynes, J.M. 1923. *Breve tratado sobre la reforma monetaria*. FCE, México.
- Keynes. 1936. *The General Theory of Employment, Interest, and Money*. A Harvest Book, London.
- Krugman, P. R., & Wells, R. (2006). *Macroeconomía*. Bologna: Zanichelli editore S.p.a.
- Krugman, P., Belza, C., & García, G. (2012). *¡Detengamos esta crisis ya!*. México: Crítica, Paidós.
- Krugman, Paul. 2010. “An Irish Mirror”. *New York Times*, marzo 7.
- Lapavitsas, Costas. 1994. “The Banking School and the Monetary Thought of Karl Marx”. *Cambridge Journal of Economics* 18.
- Lapavitsas, Costas. 2009. “Financialised capitalism: crisis and financial expropriation”. *Research on Money and Finance* 1.
- Lapavitsas, Costas. 2009. “The roots of the global financial crisis”. *Development Viewpoint* 28.
- Lapavitsas, Costas. 2010. “Financialisation and Capitalist Accumulation: Structural Accounts of the Crisis of 2007-2009”. *Research on Money and Finance Discussion Paper* 16.
- Lipietz, Alain. 1977. *El capital y su espacio*, México, Siglo XXI.

- López-Alonso, M. (2012). *Measuring up: A history of living standards in Mexico, 1850-1950*. Stanford, California: Stanford University Press
- Malthus, T. 1981. Principios de Economía Política, Ed. FCE.
- Mandel, E. (1980). La crisis 1974-1980: Interpretación marxista de los hechos. México: Ediciones Era.
- Marx, K., Engels, F., & Scarón, P. (1971). El capital. Argentina: Siglo XXI.
- Minsky, H.P. 1986. Stabilizing an Unstable Economy. Yale University Press, New Haven.
- Minsky, H.P. 1991. “The Endogeneity of Money”. En, Edward J. Nell y Willi Semmler, op. cit.
- Moore, B.J. 1991. “Marx, Keynes, Kalecki and Kaldor on the Rate of Interest as a Monetary Phenomenon”. En, Edward J. Nell y Willi Semmler, op. cit.
- Paris Mandoki, Amilcar 2014. Ideología coevolutiva: un desarrollo del concepto de ideología de Marx haciendo uso de las categorías de la epistemología evolutiva. UNAM
- Piketty, T. (2014). El capital en el siglo XXI. Madrid: Fondo de Cultura Económica.
- Salvatore, D. (1977). Microeconomía. Milano: Etas libri.
- Sherman, Henry (2001). Accounting for Everything: *A Guide to Personal Finance*. Anderson Classics.
- Smith, Adam, Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones, Ed. FCE, 1981
- Stern, C. (May 01, 1994). “La desigualdad socioeconómica en México: una revisión de las tendencias”, 1895-1992. *Estudios Sociológicos*, 12, 35, 421-434.
- Stiglitz, J. E. (2012). El precio de la desigualdad: El 1 por ciento de la población tiene lo que el 99 por ciento necesita. México: Taurus.
- Stiglitz, J. E., Rabasco, M. E., & Toharia, L. (2002). La economía del sector público. Barcelona: Antoni Bosch.
- Stiglitz, Joseph E, and Braun C. Rodríguez. *El Malestar En La Globalización*. Madrid: Taurus, 2002. Print.
- Szekely, M. (January 01, 2005). Pobreza y desigualdad en Mexico entre 1950 y 2004. *Trimestre Economico*, 288, 913-931.

- United Nations., Spain., & Secretaria General Iberoamericana (Madrid). (2007). Cohesión social: Inclusión y sentido de pertenencia en América Latina y el Caribe: Síntesis. Santiago de Chile: CEPAL.
- Wray, L. Randall. 1990. Money and Credit in Capitalist Economies. The Endogeneous Money

5. ANEXO: LISTA COMPLETA DE DATOS

Datos del Banco Mundial

1	Índice nacional de precios al consumidor agricultura, ganadería y pesca
2	Índice nacional de precios al consumidor: Alimentos, bebidas y tabaco.
3	Índice de la canasta básica
4	Índice de precios importaciones
5	Índice de precios exportaciones
6	Tasa de interés nominal México
7	Tasa de interés nominal EU
8	Gastos del sector público
9	Gasto presupuestal
10	Gasto Gobierno Federal
11	Gasto Paraestatal Total
12	Gasto paraestatal de Organismos y empresas diferentes de PEMEX
13	Gasto PEMEX
14	Índice Nacional de precios al consumidor, componente subyacente
15	Índice nacional de precios al consumidor, Mercancías
16	Índice nacional de precios al consumidor, Servicios
17	Índice nacional de precios al consumidor, No subyacente
18	Índice nacional de precios al consumidor, Agropecuarios
19	Índice nacional de precios al consumidor, Energéticos y tarifas autorizadas por el gobierno
20	Inversión extranjera directa, entrada neta de capital (balanza de pagos, US\$ a precios actuales)
21	Inversión extranjera directa, entrada neta de capital (% del PIB)
22	Inversiones de cartera, entrada neta de capital (balanza de pagos, US\$ a precios actuales)
23	Transferencias personales y remuneración de empleados, recibidos (balanza de pagos, US\$ a precios actuales)
24	Remesas de trabajadores y compensación de empleados, recibidas (% del PIB)
25	PGP, bilateral (RDP, US\$ a precios actuales)
26	Reembolsos del principal de la deuda externa, a largo plazo (RDP, US\$ a precios actuales)
27	Reembolsos del principal de la deuda externa, privada no garantizada (PNG) (RDP, US\$ a precios actuales)
28	PGP, multilateral (RDP, US\$ a precios actuales)
29	PGP, acreedores oficiales (RDP, US\$ a precios actuales)
30	PGP, bancos comerciales (RDP, US\$ a precios actuales)
31	PGP, otros acreedores privados (RDP, US\$ a precios actuales)
32	PGP, acreedores privados (RDP, US\$ a precios actuales)
33	PGP, bilateral (DES, US\$ a precios actuales)
34	Desembolsos de la deuda externa, a largo plazo (desembolsos [DES], US\$ a precios

	actuales)
35	PGP, multilateral (DES, US\$ a precios actuales)
36	PGP, acreedores oficiales (DES, US\$ a precios actuales)
37	PGP, bancos comerciales (DES, US\$ a precios actuales)
38	PGP, otros acreedores privados (DES, US\$ a precios actuales)
39	PGP, acreedores privados (DES, US\$ a precios actuales)
40	PGP, bilateral (INT, US\$ a precios actuales)
41	Pagos de intereses de la deuda externa, a largo plazo (INT, US\$ a precios actuales)
42	Pagos de intereses de la deuda externa, privada no garantizada (PNG) (INT, US\$ a precios actuales)
43	PGP, multilateral (INT, US\$ a precios actuales)
44	PGP, acreedores oficiales (INT, US\$ a precios actuales)
45	PGP, bonos (INT, US\$ a precios actuales)
46	PGP, bancos comerciales (INT, US\$ a precios actuales)
47	PGP, otros acreedores privados (INT, US\$ a precios actuales)
48	PGP, acreedores privados (INT, US\$ a precios actuales)
49	Valor agregado por trabajador a la actividad agrícola (US\$ a precios constantes de 2005)
50	Densidad de población (personas por kilómetro)
51	Población de la ciudad con más habitantes
52	Población de la ciudad con más habitantes (% de la población urbana)
53	Población en aglomerados urbanos de más de 1 millón de personas
54	Población en aglomerados urbanos > 1 millón (% de la población total)
55	Total de reservas (incluye oro, US\$ a precios actuales)
56	Total de reservas menos oro (US\$ a precios actuales)
57	Créditos al gobierno central (crecimiento anual como % de la masa monetaria)
58	Crédito interno neto (UMN a precios actuales)
59	Activos exteriores netos (UMN a precios actuales)
60	Créditos al sector privado (crecimiento anual como % de la masa monetaria)
61	Masa monetaria (moneda local actual)
62	Masa monetaria (% del PIB)
63	Relación entre masa monetaria y reservas totales
64	Crecimiento de la masa monetaria (% anual)
65	Dinero (UMN a precios actuales)
66	Dinero y quasi dinero (M2) (UMN a precios actuales)
67	Dinero y quasi dinero (M2) como % del PIB
68	Relación entre el dinero y quasi dinero (M2) y el total de reservas
69	Crecimiento del dinero y quasi dinero (% anual)
70	Cuasi moneda (UMN a precios actuales)
71	Índice de precios al consumidor (2010 = 100)
72	Inflación, precios al consumidor (% anual)
73	Índice de precios mayoristas (2010 = 100)
74	Tasa de interés de los depósitos (%)

75	Créditos al gobierno central, etc. (% del PIB)
76	Crédito interno provisto por el sector bancario (% del PIB)
77	Crédito interno al sector privado (% del PIB)
78	Inversión en transporte con participación privada (US\$ a precios actuales)
79	Transporte aéreo, partidas de vuelos en todo el mundo de compañías registradas en el país
80	Transporte aéreo, carga (millones de toneladas-kilómetros)
81	Transporte aéreo, pasajeros transportados
82	Importaciones de armas (US\$ a precios constantes de 1990)
83	Gasto militar (UMN a precios actuales)
84	Gasto militar (% del PIB)
85	Gasto de consumo final del gobierno general (US\$ a precios actuales)
86	Gasto de consumo final del gobierno general (UMN a precios actuales)
87	Gasto de consumo final del gobierno general (US\$ a precios constantes de 2005)
88	Gasto de consumo final del gobierno general (% del crecimiento anual)
89	Gasto de consumo final del gobierno general (UMN a precios constantes)
90	Gasto de consumo final del gobierno general (% del PIB)
91	Gasto final del consumo de los hogares, etc. (US\$ a precios actuales)
92	Gasto final del consumo de los hogares, etc. (UMN a precios actuales)
93	Gasto final del consumo de los hogares, etc. (US\$ a precios constantes de 2005)
94	Gasto final del consumo de los hogares, etc. (% del crecimiento anual)
95	Gasto final del consumo de los hogares, etc. (UMN a precios constantes)
96	Gasto final del consumo de los hogares, etc. (% del PIB)
97	Gasto de consumo final de los hogares (US\$ a precios actuales)
98	Gasto de consumo final de los hogares (UMN a precios actuales)
99	Gasto de consumo final de los hogares (US\$ a precios constantes de 2005)
100	Gasto de consumo final de los hogares (% del crecimiento anual)
101	Gasto de consumo final de los hogares (UMN a precios constantes)
102	Gasto de consumo final de los hogares per cápita (US\$ a precios constantes de 2005)
103	Gasto de consumo final de los hogares por crecimiento per cápita (% anual)
104	Gasto de consumo final de los hogares, PPA (\$ a precios internacionales actuales)
105	Gasto de consumo final (US\$ a precios actuales)
106	Gasto de consumo final (UMN a precios actuales)
107	Gasto de consumo final (US\$ a precios constantes de 2005)
108	Gasto de consumo final, etc. (% del crecimiento anual)
109	Gasto de consumo final (UMN a precios constantes)
110	Gasto de consumo final, etc. (% del PIB)
111	Gasto de consumo final (US\$ a precios actuales)
112	Gasto de consumo final (UMN a precios actuales)
113	Gasto de consumo final (US\$ a precios constantes de 2005)
114	Gasto de consumo final (UMN a precios constantes)
115	Deflactor del gasto nacional bruto (año base varía según el país)

116	Gasto nacional bruto (US\$ a precios actuales)
117	Gasto nacional bruto (UMN a precios actuales)
118	Gasto nacional bruto (US\$ a precios constantes de 2005)
119	Gasto nacional bruto (UMN a precios constantes)
120	Gasto nacional bruto (% del PIB)
121	Exportaciones de bienes y servicios (US\$ a precios actuales)
122	Exportaciones de bienes y servicios (UMN a precios actuales)
123	Exportaciones de bienes y servicios (US\$ a precios constantes de 2005)
124	Exportaciones de bienes y servicios (% del crecimiento anual)
125	Exportaciones de bienes y servicios (UMN a precios constantes)
126	Exportaciones de bienes y servicios (% del PIB)
127	Formación bruta de capital fijo, sector privado (UMN actuales)
128	Formación bruta de capital fijo, sector privado (% del PIB)
129	Formación bruta de capital fijo (US\$ a precios actuales)
130	Formación bruta de capital fijo (UMN a precios actuales)
131	Formación bruta de capital fijo (US\$ a precios constantes de 2005)
132	Formación bruta de capital fijo (% del crecimiento anual)
133	Formación bruta de capital fijo (UMN a precios constantes)
134	Formación bruta de capital fijo (% del PIB)
135	Formación bruta de capital (US\$ a precios actuales)
136	Formación bruta de capital (UMN a precios actuales)
137	Formación bruta de capital (US\$ a precios constantes de 2005)
138	Formación bruta de capital (% del crecimiento anual)
139	Formación bruta de capital (UMN a precios constantes)
140	Formación bruta de capital (% del PIB)
141	Importaciones de bienes y servicios (US\$ a precios actuales)
142	Importaciones de bienes y servicios (UMN a precios actuales)
143	Importaciones de bienes y servicios (US\$ a precios constantes de 2005)
144	Importaciones de bienes y servicios (% del crecimiento anual)
145	Importaciones de bienes y servicios (UMN a precios constantes)
146	Importaciones de bienes y servicios (% del PIB)
147	Comercio (% del PIB)
148	Agricultura, valor agregado (US\$ a precios actuales)
149	Agricultura, valor agregado (UMN a precios actuales)
150	Agricultura, valor agregado (US\$ a precios constantes de 2005)
151	Agricultura, valor agregado (% del crecimiento anual)
152	Agricultura, valor agregado (UMN: Unidades de moneda nacional, a precios constantes)
153	Agricultura, valor agregado (% del PIB)
154	Industrialización, valor agregado (US\$ a precios actuales)
155	Industrialización, valor agregado (UMN a precios actuales)
156	Industrialización, valor agregado (US\$ a precios constantes de 2005)
157	Industrialización, valor agregado (% del crecimiento anual)

158	Industrialización, valor agregado (UMN a precios constantes)
159	Industrialización, valor agregado (% del PIB)
160	Industria, valor agregado (US\$ a precios actuales)
161	Industria, valor agregado (UMN a precios actuales)
162	Industria, valor agregado (US\$ a precios constantes de 2005)
163	Industria, valor agregado (% de crecimiento anual)
164	Industria, valor agregado (UMN a precios constantes)
165	Industria, valor agregado (% del PIB)
166	Servicios, etc., valor agregado (US\$ a precios actuales)
167	Servicios, etc., valor agregado (UMN a precios actuales)
168	Servicios, etc., valor agregado (US\$ a precios constantes de 2005)
169	Servicios, etc., valor agregado (% del crecimiento anual)
170	Servicios, etc., valor agregado (UMN a precios constantes)
171	Servicios, etc., valor agregado (% del PIB)
172	Exportaciones como capacidad para importar (UMN a precios constantes)
173	Inflación, índice de deflación del PIB (% anual)
174	Índice de deflación del PIB (el año base varía según el país)
175	Valor agregado bruto al costo de los factores (US\$ a precios actuales)
176	Valor agregado bruto al costo de los factores (UMN a precios actuales)
177	Valor agregado bruto al costo de los factores (US\$ a precios constantes de 2005)
178	Valor agregado bruto al costo de los factores (UMN a precios constantes)
179	PIB (US\$ a precios actuales)
180	PIB (UMN a precios actuales)
181	PIB (US\$ a precios constantes de 2005)
182	Crecimiento del PIB (% anual)
183	PIB (UMN a precios constantes)
184	PIB, PPA (\$ a precios internacionales actuales)
185	PIB, PPA (\$ a precios internacionales constantes de 2005)
186	PIB per cápita (US\$ a precios actuales)
187	PIB per cápita (US\$ a precios constantes de 2005)
188	Crecimiento del PIB per cápita (% anual)
189	PIB per cápita (UMN a precios constantes)
190	PIB per cápita, PPA (\$ a precios internacionales actuales)
191	PIB per cápita, PPA (\$ a precios internacionales constantes de 2005)
192	Ahorro interno bruto (US\$ a precios actuales)
193	Ahorro interno bruto (UMN a precios actuales)
194	Ahorro interno bruto (% del PIB)
195	Ingreso interno bruto (UMN a precios constantes)
196	INB, método Atlas (US\$ a precios actuales)
197	Ingreso nacional bruto (ING) (US\$)
198	INB (UMN a precios actuales)
199	INB (US\$ constantes del año 2005)
200	Crecimiento del INB (% anual)

201	INB (moneda local constante)
202	INB, PPA (a \$ internacionales actuales)
203	INB per cápita, método Atlas (US\$ a precios actuales)
204	INB per cápita (US\$ constantes del año 2005)
205	Crecimiento per cápita del INB (% anual)
206	INB per cápita (moneda local constante)
207	INB per cápita, PPA (a \$ internacionales actuales)
208	Ingreso neto del extranjero (US\$ a precios actuales)
209	Ingreso neto del extranjero (UMN a precios actuales)
210	Impuestos netos sobre productos (US\$ a precios actuales)
211	Impuestos netos sobre productos (UMN a precios actuales)
212	Impuestos netos sobre productos (UMN a precios constantes)
213	Transferencias corrientes netas del extranjero (US\$ a precios actuales)
214	Transferencias corrientes netas del extranjero (UMN a precios actuales)
215	Factor de conversión alternativo del Departamento de Economía del Desarrollo del Banco Mundial: DEC (UMN por US\$)
216	Tasa de cambio oficial (UMN por US\$, promedio para un período)
217	Factor de conversión de PPA, PIB (UMN por \$ a precios internacionales)
218	Factor de conversión de PPA (PIB) al cociente de tipo de cambio del mercado
219	Factor de conversión de PPA, consumo del sector privado (UMN por \$ a precios internacionales)
220	Índice de tasa de cambio real efectiva (2010 = 100)
221	Población entre 0 y 14 años de edad (% del total)
222	Población entre 15 y 64 años de edad (% del total)
223	Población de 65 años de edad y más (% del total)
224	Tasa de inactividad por edades (% de la población en edad de trabajar)
225	Tasa de inactividad por edades, personas de 65 años y más (% de la población en edad de trabajar)
226	Tasa de inactividad por edades, personas menores de 15 años (% de la población en edad de trabajar)
227	Población, total
228	Población, mujeres (% del total)
229	Población rural
230	Población rural (% de la población total)
231	Población urbana
232	Población urbana (% del total)
233	Comercio de mercaderías (% del PIB)
234	Importaciones de materias primas para la actividad agrícola (% de mercaderías importadas)
235	Importaciones de alimentos (% de importaciones de mercaderías)
236	Importaciones de combustibles (% de importaciones de mercaderías)
237	Importaciones de productos manufacturados (% de importaciones de mercaderías)
238	Importaciones de minerales y metales (% de importaciones de mercaderías)

239	Importaciones de mercadería desde economías del mundo árabe (% del total de importaciones de mercadería)
240	Importaciones de mercaderías (US\$ a precios actuales)
241	Mercaderías importadas desde economías de ingreso alto (% del total de mercaderías importadas)
242	Mercaderías importadas desde economías en desarrollo fuera de la región (% del total de mercaderías importadas)
243	Mercaderías importadas desde economías en desarrollo de Asia oriental y el Pacífico (% del total de mercaderías importadas)
244	Mercaderías importadas desde economías en desarrollo de América Latina y el Caribe (% del total de mercaderías importadas)
245	Mercaderías importadas desde economías en desarrollo de Oriente Medio y Norte de África (% del total de mercaderías importadas)
246	Mercaderías importadas desde economías en desarrollo de Asia meridional (% del total de mercaderías importadas)
247	Mercaderías importadas desde economías en desarrollo de África al sur del Sahara (% del total de mercaderías importadas)
248	Mercaderías importadas por la economía informante, excedente (% del total de mercaderías importadas)
249	Mercaderías importadas por la economía informante (US\$ actuales)
250	Mercaderías importadas desde economías en desarrollo dentro de la región (% del total de mercaderías importadas)
251	Importaciones de materias primas para la actividad agrícola (% de mercaderías importadas)
252	Exportaciones de alimentos (% de exportaciones de mercaderías)
253	Exportaciones de combustible (% de exportaciones de mercaderías)
254	Exportaciones de productos manufacturados (% de las exportaciones de mercaderías)
255	Exportaciones de metales y minerales (% de las exportaciones de mercaderías)
256	Exportaciones de mercadería hacia economías en el mundo árabe (% del total de exportaciones de mercadería)
257	Exportaciones de mercaderías (US\$ a precios actuales)
258	Mercaderías exportadas hacia economías de ingreso alto (% del total de mercaderías exportadas)
259	Mercaderías exportadas hacia economías en desarrollo fuera de la región (% del total de mercaderías exportadas)
260	Mercaderías exportadas hacia economías en desarrollo en Asia oriental y el Pacífico (% del total de mercaderías exportadas)
261	Mercaderías exportadas hacia economías en desarrollo en América Latina y el Caribe (% del total de mercaderías exportadas)
262	Mercaderías exportadas hacia economías en desarrollo en Oriente Medio y Norte de África (% del total de mercaderías exportadas)
263	Mercaderías exportadas hacia economías en desarrollo en Asia meridional (% del

total de mercaderías exportadas)

264 Mercaderías exportadas hacia economías en desarrollo en África al sur del Sahara (% del total de mercaderías exportadas)

265 Mercaderías exportadas por la economía informante, excedente (% del total de mercaderías exportadas)

266 Mercaderías exportadas por la economía informante (US\$ actuales)

267 Mercaderías exportadas hacia economías en desarrollo dentro de la región (% del total de mercaderías exportadas)

Datos Cámara de Diputados, centro de estudios de finanzas públicas

268 Gasto programable en funciones de desarrollo social (millones de pesos corrientes)

269 Gasto programable en funciones de desarrollo social (% del gasto programable total)

Datos del Banco de México

270 Salarios Mínimos, General, Pesos por día

Datos de INEGI

271 Ingresos del sector público Total

272 Cambio en Ingresos del sector público Total

273 Ingresos del sector público Federal Total

274 Cambio en Ingresos del sector público Federal Total

275 Ingresos del sector público federal no petroleros

276 Cambio en Ingresos del sector público federal no petroleros

277 Ingresos petroleros del sector público

278 Cambio en Ingresos petroleros del sector público

279 Ingresos paraestatales del sector público

280 Cambio en Ingresos paraestatales del sector público

281 Ingresos PEMEX

282 Ingresos públicos sector paraestatal (resto)

283 Gastos del sector público Total

284 Gastos del sector público presupuestal Total

285 Gasto presupuestal Gobierno Federal

286 Gastos del sector público presupuestal Sector paraestatal Total

287 Gastos del sector público presupuestal paraestatal organismos y empresas diferentes de PEMEX

288 Gastos del sector público presupuestal PEMEX

Datos de Coneval

289	Porcentaje de la población en pobreza Alimentaria
290	Porcentaje de la población en pobreza de capacidades
291	Porcentaje de la población en pobreza de Patrimonio
292	Total de personas en pobreza Alimentaria
293	Total de personas en pobreza de capacidades
294	Total de personas en pobreza de Patrimonio
295	Porcentaje de familias en pobreza alimentaria
296	Porcentaje de familias en pobreza de capacidades
297	Porcentaje de familias en pobreza de patrimonio
298	Familias en pobreza alimentaria
299	Familias en pobreza de capacidades
300	Familias en pobreza de patrimonio
