

# Utilización de metodologías de Inteligencia Artificial y sus aplicaciones en El Salvador

Mauricio Ernesto Alfaro Parada<sup>1</sup>

## Resumen:

El presente artículo intenta dar una pequeña perspectiva de cómo el uso de las metodologías basadas en Inteligencia Artificial (IA) podrían contribuir en la solución de problemas reales del país: como la eficiencia y eficacia en consultas médicas del Instituto del Seguro Social Salvadoreño (ISSS), toma de decisiones políticas importantes, resolución de juicios legales, evasión de impuestos, aprobación de créditos, optimización de recursos, etc. El documento describe brevemente diferentes técnicas de Inteligencia Artificial (IA) tales como Sistemas Expertos (SE), Razonamiento Basados en Casos (RBC), Redes Neuronales Artificiales (RNA) y Algoritmos Genéticos (AG) entre otras, y menciona en forma sintetizada algunas áreas críticas en las que podrían aplicarse en el país con éxito. El objetivo principal de este artículo es dar a conocer otras alternativas hasta ahora desconocidas por las instituciones del Estado para la resolución de problemas nacionales importantes.

**Palabras clave:** Algoritmos Genéticos, Aprendizaje Automático, Computación Evolutiva, Inteligencia Artificial, Lógica Difusa, Razonamiento basado en casos, Redes Neuronales Artificiales, Sistemas Expertos, Soft Computing.

## Abstract

This article attempts to provide a little perspective on how the application of methodologies based on Artificial Intelligence (AI) could help in solving real problems of our country: as the efficiency and effectiveness in medical practices of the Salvadoran Social Security Institute (ISSS), making important political decisions, resolution of lawsuits, tax evasion, credit approval, resource optimization, and so on. This paper briefly describes different techniques of Artificial Intelligence (AI) such as Expert Systems (ES), Case-Based Reasoning (CBR), Artificial Neural Networks (ANN) and Genetic Algorithms (GA), among others, and mentions in a synthesized manner some critics areas which could be applied successfully in our country. The aim of this paper is to present alternatives so far unknown for government institutions to solve major national problems.

**Keywords:** Genetic Algorithms, Machine Learning, Evolutionary Computation, Artificial Intelligence, Fuzzy Logic, Case-Based Reasoning, Artificial Neural Networks, Expert Systems, Soft Computing.

## 1. Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) es uno de los pilares de la llamada ciencia cognitiva, esta ciencia busca entender la forma en que funciona la mente humana. Herbert Simon, uno de los principales gestores de la idea de

IA en el año de 1957 hizo varias predicciones con respecto a la misma: este aseveró que antes de que terminara el decenio, un programa de computador sería campeón mundial de ajedrez, y que, dentro

---

1. El autor es Maestro en Administración y Dirección de Empresas (MBA) y Maestro en Computación (MI).  
[mauricioalfaro@telesal.net](mailto:mauricioalfaro@telesal.net)  
 Fecha de recepción: 09/10/2011; Fecha de aceptación: 15/11/2011.

del mismo lapso de diez años, un programa habría de componer música de valor estético aceptable, y además sería capaz de descubrir y demostrar un importante teorema matemático, y que por lo tanto los programas basados en IA serían la principal corriente de formulación teórica psicológica [1].

En la actualidad (50 años después de las predicciones de Simon) es posible automatizar casi cualquier tarea desempeñada por seres humanos promedio, pero ¿Qué hay de las tareas intelectuales que son más abstractas y que solo se llevan a cabo por personas muy capaces, que tienen una alta experiencia y están muy especializadas? Pues la respuesta es que también. Son muy raros los casos que no pueden resolverse a través de técnicas modernas de IA, Estadística o Matemática Avanzada.

El software y las máquinas ya sustituyen con éxito a los grandes campeones de ajedrez y a experimentados pilotos de aviones, también han sido responsables del descubrimiento de teoremas matemáticos. En los países desarrollados las metodologías de IA forman parte esencial de los recursos utilizados por grandes corporaciones y empresas para gestionar sus datos y ser más eficientes en sus actividades, existen proyectos importantes por parte de alcaldías y gobiernos que involucran el uso de tecnologías inteligentes para resolver problemas complejos y sistematizar la toma de decisiones. Por desgracia El Salvador por su escaso desarrollo científico y tecnológico ni siquiera se encuentra cerca de tomar iniciativas de este tipo.

Durante los últimos 20 años El Salvador ha sufrido un deterioro importante en la credibilidad de sus instituciones, esto se debe en primer lugar al grado de subjetividad que se presenta en la toma de decisiones importantes que pueden afectar a ciertos sectores, por otro lado la falta de educación superior especializada e inexperiencia por parte de las personas que ocupan cargos en dichas instituciones es otro factor que abona a la problemática. A esto debe sumarse la ignorancia de la existencia de tecnologías inteligentes por parte de las instituciones del Estado, que si bien no son capaces de resolver todos los problemas del país, si son capaces de asistir con mucho acierto en muchos problemas cruciales.

## II. Problemas que puede resolver la Inteligencia Artificial (IA)

Uno de los debates clásicos sobre IA está protagonizado por las corrientes simbolistas y los métodos conexionistas. Los simbolistas, apoyándose en principios similares a los planteados por Simon y Newell [1], opinan que los procesos inteligentes deben poderse expresar mediante operaciones sobre símbolos. Los segundos, inspirados en la información que se tiene sobre el funcionamiento del cerebro, creen que la inteligencia también puede residir en las conexiones que se establecen entre unidades, como en el caso de las que existen entre las neuronas. En el plano tecnológico el debate ha sido estancado admitiendo que los dos métodos de hacer IA son válidos y complementarios, y que dependiendo del tipo de problema, así debe emplearse el método más apropiado. Por ejemplo, se ha visto que el método conexionista, o de Redes Neuronales Artificiales (RNA), funciona bastante bien con aplicaciones como el reconocimiento de patrones o el manejo de voz, caracterizadas por la existencia de ruido y por la dificultad de especificar el dominio, mientras el simbolismo ha resultado más apropiado cuando la información disponible sobre el dominio está más formalizada. Sin embargo en las últimas décadas han surgido métodos novedosos que resuelven problemas anteriormente abordados por los Sistemas Expertos (SE) y las RNA. La Computación Evolutiva y la resolución de problemas a través del Razonamiento Basado en Casos (RBC) son ejemplos de nuevas técnicas de IA que están teniendo resultados prometedores en la actualidad.

En cuanto a los tipos de problemas que se nos pueden presentar debemos distinguir entre los siguientes: En el caso de problemas con solución única, la toma automática de decisiones no debería ser éticamente discutible, una solución errónea simplemente significaría una falla en el diseño del sistema. Esto puede resolverse llevando a cabo mantenimiento preventivo, pruebas sistemáticas, auditorías de sistemas, monitorización, redundancias entre sistemas y funciones de autocomprobación.

El sistema debe funcionar bajo la supervisión de personas especializadas que sean legal y moralmente responsables de su buen funcionamiento. Por otro

lado existen los casos en que los problemas generan más de una solución y en el que una herramienta automatizada sólo es capaz de dar un número limitado de opciones óptimas para que el usuario escoja entre ellas. En estos casos los cuales incluyen atributos éticos conflictivos, la decisión final debe ser tomada por una persona que se haga responsable de las consecuencias. Por lo tanto la clave para tomar la decisión de invertir en estos sistemas consiste en distinguir qué tipo de problemas la IA es capaz de manejar en forma efectiva, sin poner en riesgo temas importantes de nación.

### III. Técnicas de Inteligencia Artificial más utilizadas

En este fragmento se describe en forma muy sintetizada las técnicas de IA más populares en la actualidad debido a su éxito indiscutible en los pasados 50 años. No se pretende dar una explicación exhaustiva de cada técnica ya que ese no es el propósito de este documento, sino más bien, dar una pequeña descripción que explique brevemente en qué consiste cada técnica.

1. Sistemas Expertos.- Los Sistemas Expertos (SE), son programas para computadoras construidos con la asistencia humana, los cuales son capaces de resolver problemas en un área de conocimiento determinada de la misma forma que lo hubiera hecho la persona que modela el conocimiento para elaborar el programa (generalmente un especialista). Los SE utilizan un razonamiento simbólico, y en la mayoría de casos se valen de reglas de producción para modelar el conocimiento. Estos sistemas aparecieron aproximadamente a finales de los años 50 y se popularizaron en los años 60s y 70s. Actualmente se siguen utilizando como consultores de problemas complejos para reducir el índice de error de los expertos humanos.

2. Razonamiento Basado En Casos.- El Razonamiento Basado en Casos (RBC), también denominados

Sistemas Expertos de segunda generación, son métodos de razonamiento analógico que suministran dos cosas: una metodología para resolver los problemas y un modelo cognitivo. RBC significa razonamiento a partir de la experiencia o “historias pasadas de éxito”. Los expertos humanos razonan a

partir de todos los casos almacenados en su memoria durante su larga experiencia profesional. Esto es especialmente cierto en dominios de conocimiento como el Derecho y la Medicina, campos en los que se han creado grandes bases de datos con casos representativos, para luego extraer diagnósticos o construir argumentos legales. La gente en general es buena recordando experiencias pasadas y muchos expertos no sólo recuerdan sus experiencias, sino que les encanta presumir los casos complejos que han resuelto a través de su vida. El RBC es una de las metodologías más recientes descubiertas por la IA y está teniendo gran éxito actualmente.

3. Redes Neuronales Artificiales.- Las Redes Neuronales Artificiales (RNA), no son más que colecciones de elementos de procesamiento simples modelados como neuronas, los cuales están basados en el funcionamiento químico-biológico de las neuronas del cerebro humano. Existen una gran cantidad de topologías e implementaciones de RNA, la mayoría de estas utilizan estilizados modelos que mezclan las acciones biológicas del cerebro con métodos estadísticos y matemáticos avanzados los cuales permiten descifrar un patrón específico en base a un entrenamiento previo y se representan a través de un modelo matemático-informático. Las RNA utilizan un aprendizaje inductivo, es decir que se entrenan y aprenden a través de ejemplos. Existen innumerables publicaciones de éxito de RNA a través de la historia y actualmente es una de metodologías más potentes y utilizadas dentro del aprendizaje automático.

4. Computación Evolutiva.- Tanto los Algoritmos Genéticos (AG) como la Programación Genética<sup>2</sup> (PG) forman parte de la denominada Computación Evolutiva; estas metodologías han generado un gran aporte al estudio de la IA y han tenido mucho auge en las últimas dos décadas. La Computación Evolutiva está basada en la evolución natural biológica propuesta por Charles Darwin, y esta teoría puede adaptarse a la resolución de múltiples problemas, especialmente a problemas de optimización. Estas técnicas son propicias para resolver situaciones en donde el dominio de la solución del problema puede resultar demasiado grande. Estos algoritmos buscan generar un conjunto de soluciones basadas en un

2. La programación genética es un avance teórico de los algoritmos genéticos. Está técnica ha sido desarrollada por John R. Koza.

nivel de aptitud (“fitness<sup>3</sup>”), la eficacia del algoritmo será plenamente dependiente de los criterios que se consideren para la determinación de la aptitud a adaptarse así como de su representación.

#### IV. Situación actual de El Salvador

Siendo El Salvador un país tercermundista, no es de extrañar que los avances a nivel de desarrollo sean prácticamente nulos, sin embargo si comparamos a El Salvador con países Centroamericanos que se encuentran en una situación similar, podemos observar que durante los últimos años, el país ha experimentado un decremento, tanto a nivel económico como a nivel de desarrollo.

El nivel de desconfianza de las instituciones gubernamentales presenta índices nunca antes registrado por las encuestas realizadas a nivel popular. Las soluciones propuestas por los “intelectuales” del país están basadas en análisis personales bastante subjetivos que carecen de apoyo técnico y científico. La escasez de especialistas en áreas como las Matemáticas, Estadística e Informática y la falta de voluntad del gobierno en apostarle al desarrollo científico también contribuyen enormemente a la situación precaria en la que nos encontramos.

Todo lo anterior lleva a la necesidad de formular otras alternativas de solución más objetivas y metódicas que permitan sustentar de manera más robusta las diferentes propuestas gubernamentales. La potencialidad de las metodologías de IA como alternativas objetivas de solución, lejos de ser una amenaza como piensan algunos, prometen resolver en forma efectiva los problemas de fraude y corrupción. Este documento intenta demostrar a través de investigaciones serias realizadas en otros países más desarrollados que la tecnología de IA puede ser un pilar trascendental en las soluciones que El Salvador necesita para combatir la inseguridad y la desconfianza en las instituciones.

#### V. ¿Qué problemas puede resolver la Inteligencia Artificial?

Uno de los principales titulares que se repiten periódicamente en los noticieros del país es la

inconformidad de las personas ante la resolución de casos judiciales de gran trascendencia nacional, como son la corrupción y el robo de fondos en las instituciones públicas. La evidente falta de objetividad de los jueces de paz ante los procesos judiciales está creando una peligrosa cultura de impunidad en el país.

Por lo tanto la solución más apropiada a esta problemática consiste en utilizar herramientas inteligentes que eliminen la subjetividad y que sean capaces de copiar el proceso intelectual de un juez de paz. A diferencia de los jueces, los sistemas basados en IA siempre se van a analizar los hechos del juicio en forma completamente objetiva y nunca serán influenciados por intereses particulares por parte de entes ajenos.

Particularmente en los casos en donde está en juego grandes sumas de dinero, la corrupción puede llegar a extremos de vida o muerte para las personas involucradas, el software por ser un producto intangible presenta la ventaja que no puede aniquilarse, siempre habrán copias de respaldo convirtiéndolas de esta forma en herramientas inmanipulables.

A través de la historia los investigadores especializados en el tema, han hecho esfuerzos importantes por construir programas que sean capaces de interpretar información de tipo legal con el fin de que estas herramientas puedan tomar decisiones acertadas al respecto. El problema con las leyes es que no están especificadas con el suficiente detalle; una norma sin una especificación precisa será menos efectiva que una norma con una especificación minuciosa, porque en la primera habrá cierta incertidumbre en la comprensión del significado de la regla y su forma de aplicación. Cuando se crean estos vacíos legales, los jueces no tienen otra alternativa más que utilizar un criterio subjetivo muy personal lo cual da pie a la generación de corrupción. En la práctica los jueces no emiten todos los detalles de sus decisiones, si las decisiones fueran acompañadas de argumentaciones minuciosas, las desventajas de la aplicación de los criterios sería minimizada y sería mucho más sencillo crear sistemas inteligentes [24] [25]. Las técnicas de IA más frecuentes que se han utilizado para hacerle frente a este tipo particular de soluciones

3. Fitness es un operador utilizado en los algoritmos genéticos y su nombre se basa en la adaptabilidad de las especies dentro de un entorno específico.

han sido con SE y RBC y existen un gran número de publicaciones científicas importantes que analizan y proponen soluciones interesantes a la interpretación automatizada de asuntos legales [2]-[34].

Entre las limitaciones que presentan los SE basados en reglas deductivas, se encuentra en primer lugar, que son muy difíciles de programar y mantener, un leve cambio en una ley puede variar muchas reglas del sistema y esto lo hace difícil de actualizar. La otra limitante es que es incapaz de efectuar un razonamiento de tipo analógico o comparativo. El razonamiento de jurisprudencia es un razonamiento basado en casos, el razonamiento doctrinal es una forma especializada de razonamiento basado en reglas y la argumentación en base a políticas racionales, es una forma de razonamiento basado en metas también conocido como razonamiento práctico.[26].

Al razonamiento basado en casos se le puede hacer frente a través de metodologías de RBC, como ejemplo se puede citar a “HIPO”, que es un razonador interpretativo que trabaja en el dominio de las leyes, desarrollado por Ashley para su doctorado en 1990 [27]. Por otro lado las limitantes que presentan algunas técnicas de IA, pueden solventarse con otras técnicas que refuercen dichos puntos débiles. De aquí viene el término de computación flexible “Soft Computing”, el cual pretende mezclar dentro de un mismo sistema diversas técnicas de IA para abordar el mismo problema, con el objeto de compensar las debilidades de una técnica con las fortalezas de otra.

Sin ir muy lejos en México, el instituto de investigaciones jurídicas de la UNAM está creando expertos artificiales para acelerar la impartición de justicia. En la publicación aseguran que es necesario estandarizar el derecho y el CONACYT ha invertido más de dos millones de pesos en el proyecto. Cabe destacar que los investigadores mexicanos han recibido la asesoría de especialistas internacionales como Trevor Bench-Cappon, Kevin D. Ashley, Burkhard Schafer, Henry Prakken, y John Zeleznikow [28].

Otro problema enorme en El Salvador es la evasión de impuestos por parte de los grandes capitales del país. Aquí el problema puede tener dos caras, o bien las instituciones fiscales detectan y conocen bien cuáles son las empresas que están evadiendo impuestos y lo permiten de forma deliberada, o por el

contrario las instituciones desconocen que empresas están evadiendo impuestos y no tiene herramientas eficaces para detectarlas.

Un sistema basado en RNA podría identificar a través de patrones aprendidos que empresas están evadiendo impuestos. El secreto de este análisis se basa en que todas las empresas que se dedican a actividades económicas similares, presentan muchos puntos en común en cuanto a sus comportamientos financieros, es decir que existe un patrón que puede determinarse si se tiene la suficiente información para hacerlo. La manera de realizar este análisis es tomando como datos una serie considerable de ratios financieros generados por dichas empresas en forma periódica. Con esta información una RNA puede entrenarse para que detecte un patrón común en las actividades financieras cotidianas de la empresa. Este patrón puede compararse con el patrón de empresas que realizan actividades económicas semejantes y a su vez la herramienta puede detectar cuando las empresas cambian de patrones de forma abrupta, lo cual indicaría que se están generando procesos dentro de la empresa que no son normales. Existen numerosos artículos que hablan de casos similares como la detección de fraudes financieros [35]-[40], detección y predicción de empresas en quiebra [41]-[49], e identificación de actividades ilícitas en general [50]-[70]. El único requisito para implementar esta solución sería que las instituciones llevarán un registro histórico de datos financieros de cada empresa y en dicho registro clasificar a dicha empresa por su actividad económica y por su estatus como contribuyente.

Por otro lado si la corrupción en la recaudación se da de forma interna, entonces una herramienta inteligente que detecte evasiones de impuestos en forma automatizada puede programarse para que genere reportes que de manera simultánea se autopublicuen en algún portal en línea que pueda ser accesible públicamente sin restricciones y permita ver e interpretar los resultados del sistema en mismo instante en que se generen, esto evitaría que los resultados pasen por las manos de funcionarios o trabajadores que puedan modificarlos. Este mismo estilo de solución podría aplicarse dentro de las mismas instituciones públicas, de manera que las RNA puedan detectar signos de gestiones administrativas sospechosas y de esta forma

tener la certeza que dichas instituciones se están administrando de manera no fraudulenta.

El lavado de dólares es otro problema que puede resolverse con un análisis similar al de los casos anteriores y que también tiene solución siguiendo el mismo tipo de razonamiento y procedimiento basado en RNA, por supuesto que los bancos deberían estar dispuestos a contribuir poniendo a disposición de los especialistas sus datos financieros tanto propios y como de sus clientes para ser analizados y poder detectar comportamientos fuera de lo común. [71]-[76].

La toma de decisiones importantes de tipo económico-estratégico que conciernen al país es otro elemento de analizar muy importante. La realización de estudios serios que garanticen que dichas decisiones son óptimas y beneficiosas para el desarrollo del país es un elemento indispensable en el crecimiento económico. La dolarización y el Tratado de Libre Comercio son ejemplo de resoluciones que fueron no consultadas ni estudiadas en forma adecuada. Los sistemas informáticos pueden ser de mucha ayuda cuando existen decisiones relevantes que deben tomarse periódicamente, herramientas inteligentes que asistan en la toma de decisiones importantes como la aprobación anual del presupuesto de nación, puede agilizar y evitar una serie de discusiones inútiles. El presupuesto debe ser aprobado por diputados de diferentes tendencias partidistas y en raras ocasiones se ponen de acuerdo, esto provoca un atraso en la aprobación de dicho presupuesto y esto a su vez paraliza todas las funciones realizadas por las instituciones que dependen de estos fondos. El presupuesto de nación no es más que un problema matemático de optimización, lo que se busca es optimizar los recursos del estado asignándole a cada rubro una la cantidad necesaria para que se produzca el máximo Producto Interno Bruto (PIB). Por lo tanto la solución es crear un modelo matemático que represente el fenómeno en estudio y que sea igualado al PIB, para luego maximizar esta función.

El problema redundante básicamente en generar y maximizar esos modelos matemáticos; si las funciones obtenidas fueran continuas el problema se

podría solucionar matemáticamente con sólo derivar dicha función, desgraciadamente los fenómenos de la vida real difícilmente muestran un comportamiento matemático continuo como sucede en los problemas ideales de los libros de cálculo. Es aquí donde son sumamente útiles técnicas como los Algoritmos Genético; estos son capaces de resolver problemas de optimización a través de adaptaciones cíclicas de datos, los cuales representan una población que va a evolucionar para adaptarse mejor a su entorno; por medio de los operadores propios de la computación evolutiva pueden procesarse rangos considerables del dominio del problema y obtenerse una solución óptima en poco tiempo. En España se han planteado soluciones para la gestión presupuestario mezclando GA con Lógica Difusa<sup>4</sup>[77].

Una de las áreas de gran éxito histórico en la IA, es la solución de problemas relacionados con la medicina. Desde sus inicios la IA a través del proyecto MYCIN [78] obtuvo un alto grado de credibilidad y gran respeto por toda la comunidad científica de esa época. El proyecto fue desarrollado por la Universidad de Standford en 1976 para apoyar a fisioterapeutas en el diagnóstico y tratamiento de pacientes con enfermedades de infección sanguínea causadas por la bacteria Bacteremia y Meningitis, las cuales son fatales si no se detectan y tratan a tiempo. El sistema fue desarrollado con metodologías de SE y desde entonces el diagnóstico de enfermedades ha sido uno de los pilares de estudio de la IA.

El éxito histórico obtenido en esta área ha sido altamente positivo y existen muchas publicaciones académicas con resultados prometedores en esta rama.[78]-[93]. Sin embargo el problema estriba en la dificultad para conseguir información histórica con datos que aporten un valor agregado al análisis, esto se debe a que los profesionales de la medicina son poco metódicos y sistemáticos a la hora de realizar las consultas, y no tienen una cultura informática que les lleve a utilizar las computadoras como parte de su actividad profesional. El almacenamiento de datos relacionados con los síntomas del paciente, datos personales del paciente, resultados de exámenes clínicos, estilo de vida del paciente, entre otros datos, juegan un papel muy importante

4. La lógica difusa es una subrama de la Lógica de proposiciones, y se utiliza en problemas en donde existe la realidad presenta incertidumbre y el dominio de análisis es encrepado.

para realizar un diagnóstico adecuado a través de técnicas inteligentes. Si los doctores del Instituto del Seguro Social Salvadoreño (ISSS) guardaran todos los datos y resultados de diagnósticos exitosos de los pacientes que se tratan diariamente, podrían crearse sistemas inteligentes que efectuarían diagnósticos médicos correctos, bajando la presión de trabajo de los doctores y de paso ayudándoles a cometer menos errores. El ISSS siempre ha sufrido fuertes críticas por una atención a los pacientes extremadamente ineficiente, especialmente en enfermedades que no requieren cirugías de emergencia, la calidad de los diagnósticos no es buena ya que la calidad académica de los profesionales en general es mala, sin embargo este es otro problema que puede resolverse a través de la tecnología.

Otras áreas quizás de menos trascendencia en las que la informática debería formar parte para evitar fraudes tiene que ver con las licitaciones y adjudicaciones de proyectos públicos, sobre todo en el área de construcción. El favoritismo de ciertos empleados públicos con poder de decisión hacia determinadas empresas produce un mal uso de los fondos públicos y generalmente no se obtienen los resultados con la calidad esperada. Un software que pueda analizar los presupuestos en forma inteligente y se programe para elegir a la empresa que sea más apta para el proyecto solucionaría este problema en forma instantánea y con un costo económico poco significativo.

Todos los temas que se han abordado hasta el momento tienen que ver en forma directa o indirecta con la corrupción humana que se vive en el país, sin embargo las tecnologías de IA pueden tener otras funciones importantes que no tienen que ver con malas prácticas por parte de las personas. Por ejemplo En Colombia la Oficina Municipal para Prevención y Atención de Desastres de la Alcaldía de Manizales diseñó un Sistema Experto para la toma de decisiones de habitabilidad y reparabilidad en edificios después de un sismo. El sistema está basado en RNA y Lógica Difusa. El proyecto fue Elaborado por Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) en Junio 2003 [94]. El Salvador por ser un país donde los sismos se dan cada 15 años aproximadamente (en forma más frecuente que Colombia) podría desarrollar iniciativas en este mismo sentido. Pero no sólo esto, las tecnologías de IA también ayudan en la productividad de las empresas e instituciones

automatizando tareas complejas que son repetitivas, y esto incide considerablemente en la eficiencia de las instituciones, traduciéndose al final en un mejor servicio al cliente. Problemas como la delincuencia y la criminalidad en las calles también pueden ser abordados por tecnologías que asistan en la lucha contra este mal.

## VI. Conclusiones

En resumen se pueden concluir:

- a) La tecnología es una buena herramienta para evitar la corrupción.
- b) El gobierno debe apostarle a la investigación y al desarrollo científico y tecnológico, ya que allí es en donde están las verdaderas soluciones a nuestros problemas.
- c) Debe mejorarse notablemente la calidad académica de los profesionales.
- d) Las tecnologías de IA en la actualidad pueden automatizar con éxito casi cualquier actividad desempeñada por los humanos, por lo tanto debe evaluarse la factibilidad económica y la necesidad que se tiene de resolver un problema específico utilizando estas tecnologías.
- e) Deben hacerse esfuerzos importantes por cambiar la cultura del país.
- f) Los empleados y funcionarios del gobierno deben empezar a trabajar en forma más metódica y ordenada.
- g) Es imprescindible que las instituciones del gobierno guarden información histórica de todos sus procesos, no solo para poder ser más ordenados y metódicos, sino porque de esta manera se pueden implementar proyectos de investigación de ayuden a descubrir patrones existentes y a crear nuevo conocimiento.
- h) Se han realizado suficientes estudios y publicaciones de gran éxito que sustentan la fiabilidad de las metodologías de IA para la resolución de los problemas.
- i) Probablemente ninguna de estas soluciones se ha tomado en cuenta, no por falta de iniciativa, sino más bien por la ignorancia del potencial y la existencia de estas metodologías y ese es precisamente el objetivo principal de este artículo, dar a conocer nuevas alternativas.

### VIII. Referencias bibliográficas

- [1] H. Simon, and A. Newell (1976) "Computer Science as Empirical Research: Symbols and Search". Reproducido en J. L. GARFIELD (ed.) "Foundations of Cognitive Science: The Essential Readings", Parangon House, New York, 1990.
- [2] T. Bench-Capon, "Knowledge Based Systems Applied To Law: A Framework for Discussion. In: Knowledge Based Systems and Legal Applications". Academic Press. (1991) pp..329-342.
- [3] L. Edvards, "Modelling law using a feminist theoretical perspective. Law, Computers and Artificial Intelligence". (1995). pp. 95-110.
- [4] T. Bench-Capon, "Neural nets and open texture". In: Fourth International Conference on AI and Law, Amsterdam, ACM Press (1993). pp. 292-297.
- [5] T. Bench-Capon, F. Coenen,, "An experiment in discovering association rules in the legal domain". 11th International Workshop on Database and Expert Systems Applications, Los Alamitos, IEEE Computer Society (2000) pp. 1056-1060.
- [6] B. Johnston, G. Govenatori, "Induction of defeasible logic theories in the legal Domain". Ninth International Conference on AI and Law, Edinburgh, ACM Press (2003). pp. 204-213.
- [7] I. Bratko, I., M. Mozina, "Argumentation and machine learning". Deliverable 2.1 for the ASPIC project (2004).
- [8] G. DeJong,, R. Mooney, "Explanation-based learning: and alterative view". Machine Learning 1 (1986). Pag.145-176.
- [9] T. Mitchell, R. Keller, D. Kedar-Cabelli,, "Explanation-based generalization: a unifying view". Machine Learning 1 (1986). pp..47-80.
- [10] M. Groothius, J. Svensson, "Expert system support and juridical quality". Jurix, Amsterdam, IOS Press (2000). Pag. 1-10.
- [11] J. Zeleznikow, A. Stranieri, "Knowledge discovery in the split up project". Proceedings of the Sixth International Conference on AI and Law, New York, ACM Press (1997). pp.89-97.
- [12] F. Borges, P. Borges, "A connectionist model to justify the reasoning of a judge". Proceedings of Jurix, IOS Press, IOS Press (2002) pp. 113-122.
- [13] S. Brüninghaus, K .D. Ashley, "Toward adding knowledge to learning algorithms for indexing legal cases". ICAIL '99: Proceedings of the 7th international conference on Artificial intelligence and law, New York, NY, USA, ACM Press (1999). pp. 9-17.
- [14] K. Ashley, "Modeling Legal Argument: Reasoning with Cases and Hypotheticals". Bradford Books/MIT Press, Cambridge, MA (1990).
- [15] V. Aleven, "Teaching case-based argumentation through a model and examples". PhD thesis, University of Pittsburgh (1997).
- [16] S. Brüninghaus, K. D. Ashley, "Generating legal arguments and predictions from case texts". ICAIL 2005, New York, NY, USA, ACM Press (2005). pp..65-74.
- [17] H. Prakken,, G. Sartor, "A dialectical model of assessing conflicting arguments in legal reasoning". Artificial Intelligence and Law (1996). pp.331-368.
- [18] T. Bench-Capon, "Arguing with cases". Oskamp, A., et al., eds.: JURIX 1997, Nijmegen, Gerard Noodt Institute (1997). pp. 85-100.
- [19] T. Bench-Capon, G. Sartor " A model of legal reasoning with cases incorporating theories and values". Artif. Intell. (2003). pp. 97-143.
- [20] A. Chorley, "Reasoning with Legal Cases seen as Theory Construction". PhD thesis, University of Liverpool, Department of Computer Science, Liverpool, UK (2007).
- [21] T. Gordon, H. Prakken, D. Walton, "The carneades model of argument and burden of proof. Artificial Intelligence" (2007). pp. 875-896.



- [22] D. Walton, "Argumentation Schemes for Presumptive Reasoning". Erlbaum, Mahwah, N.J. (1996).
- [23] T. Fawcett, and F. Provost, (2002). "Fraud detection. In Handbook of Knowledge Discovery and Data Mining" (W. Kloesgen and J. Zytkow, eds.). Oxford Univ. Press.
- [24] V. P. Pethe , Ch. P. Ripley & L. V. Kale , "A Especialized Expert System for Judicial Decision", "Proceedings of the Second International Conference of AI in the Law", ACM Vancouver, pp..190, (1989).
- [25] E. Simon & G. Gates , "ASSYST – Computing Support for Guideline Sentencing", Proceedings of the Second International Conference of AI in the Law, ACM Vancouver, pp.190. (1989).
- [26] J. C. Smith, "An itroduccition to Artificial Intelligence and Law: or, Can Machine be Made to Think like Lawyers?", University of British Columbia faculty of Law, 1997.
- [27] Ashley K. D., "Modelling Legal Argument : Reasoning with cases and hipotheticals ", Cambridge: M. T. Press, 1990.
- [28] E. J. Nieto, Instituto de Investigaciones Jurídicas, UNAM. [www.stjsonora.gob.mx/noticias-capacitación/82.htm](http://www.stjsonora.gob.mx/noticias-capacitación/82.htm) (2007).
- [29] M. Aikenhead , "Legal Knowledge Based Systems: Some Observations on the Future", First published in Web Journal of Current Legal Issues in Association with Blackstone Press Ltd. 1995.
- [30] I. Borgulya ., "Two examples of decision support in the law", Artificial Intelligence and Law, pp. 303-321, Kluwer Academic Publisher, 1999.
- [31] A. Greinke , "Legal Expert Systems: A Humanistic Critique of Mechanical Legal Inference", [www.murdoch.edu.au/elaw/issues/v1nd/greinke.txt](http://www.murdoch.edu.au/elaw/issues/v1nd/greinke.txt).
- [32] J. Zeleznikow and D. Hunter, "Building Intelligent Legal Information Systems: Representation and Reasoning in Law". (Dordrecht:Kluwer), 1994.
- [33] R. Susskind , "Expert System in Law – Out of the Research Laboratory and into the Marketplace", Proceedings of the first International Conference on Artificial Intelligence and the Law 1, pp. 1-2, 1987.
- [34] J. Popple, "SHISTER a Pragmatic Legal Expert System", Unpublished Phd diss, Departament of Computer Science, Australian National University, 1993.
- [35] K. Fanning, "Neural Network Detection of Management Fraud Using Published Financial Data", Department of Accounting Central Missouri State University Warrensburg, Mo. 64093-8888, Kenneth O. Cogger, College of Business University of Kansas Lawrence, Ks. 66045-2003.
- [36] M. Altman, and Varetto, "Corporate distress diagnosis: Comparisons using linear discriminant analysis and neural networks (the Italian experience)", Journal of Banking and Finance (1994)., pp. 505-529.
- [37] K. Kumar, and Rajagopalan, "Financial decision support with hybrid genetic and neural based modeling tools", European Journal of Operational Research, vol. 103, (1997) pp. 339-349.
- [38] Martin del Brio and Serrano-Cinca, "Self-organizing neural networks : the financial state of Spanish companies ", in Neural Networks in the Capital Markets, edited by Apostolos-Paul Refenes, 1993, pp 341-357.
- [39] Casta and Prat, "Approche connexionniste de la classification desentreprises: contribution au traitement d'informations incomplètes", Association Française de Comptabilité, Congrès de Paris IX Dauphine (1994).
- [40] Coats and Fant, "Recognizing financial distress patterns using a neural network tool", Financial Management, Autumn, (1993). pp. 142-155.
- [41] E. Dorsey, and Johnson, "Bankruptcy prediction using artificial neural systems ", WP university of Mississippi, School of Business (1993).

- [42] D. Almeida and Dumontier, "Neural networks, accounting numbers and bankruptcy prediction", *Association Française de Comptabilité, Comptabilité et Nouvelles Technologies, Mai, (1993)*. pp. 269-286.
- [43] Kiviluoto and Bergius, "Exploring corporate bankruptcy with twolevel self organizing map.", *Decision technologies for financial engineering, Proceedings of the 3th International Congress on Neural Networks in the Capital Markets NNCM'97 (1997)*.
- [44] Poddig, "Bankruptcy prediction : a comparison with discriminant analysis", in *Neural Networks in the Capital Markets*, edited by Apostolos-Paul Refenes, 1992, pp. 311-323.
- [45] Rahimiam and Al., "Bankruptcy prediction by neural networks", *NN in Finance and Investing : using AI to improve real-world performance TRIPPI/TURBAN Irwin Professional Publishing, revised 1996*, pp 243-255.
- [46] S. Raghupathi, and Raju, "A neural network approach to bankruptcy prediction", *NN in Finance and Investing : Using AI to improve real-world performance TRIPPI/TURBAN Irwin Professional Publishing, revised 1996, (227-241)*, first parution in *Proceedings of the IEEE 24th Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences, 1991*.
- [47] C. Salchenberger, and Lash, "Neural networks: a new tool for predicting thrift failures", *NN in Finance and Investing: Using AI to improve real-world performance TRIPPI/TURBAN Irwin Professional Publishing, revised 1996, (303-327)*, première parution in *Decision Science, Vol 23, N° 4, July/August 1992*, pp 899-916.
- [48] Tan, "A study on using ANN to develop an early warning predictor for credit union financial distress with comparison to the probit model", *NN in Finance and Investing : Using AI to improve real-world performance TRIPPI/TURBAN Irwin Professional Publishing, revised, 1996*, pp 329-365.
- [49] Wong, Bodnovitch and Selvi, "A bibliography of neural networks business applications research: 1988-September 1994 ", *Expert Systems, Vol 12 N° 3, August 1995*, pp 253-262.
- [50] E. Aleskerov, B. Freisleben, & B. Rao, (1997). *CARDWATCH: "A Neural Network-Based Database Mining System for Credit."* Final version 2: 9/02/2005, *Card Fraud Detection. Proc. of the IEEE/IAFE on Computational Intelligence for Financial Engineering, (1997)* pp.220-226.
- [51] E. Barse, H. Kvarnstrom, E. & Jonsson, "Synthesizing Test Data for Fraud Detection Systems." *Proc. of the 19th Annual Computer Security Applications Conference, (2003)* pp.384-395.
- [52] E. Belhadji, , G. Dionne, & F. Tarkhani, (2000). "A Model for the Detection of Insurance Fraud. *The Geneva Papers on Risk and Insurance*" (2000) pp. 517-538.
- [53] T. Bell, & J. Carcello, "A Decision Aid for Assessing the Likelihood of Fraudulent Financial Reporting." *Auditing: A Journal of Practice and Theory. (2000)*: pp.271-309.
- [54] P. Bentley, (2000). *Evolutionary, my dear Watson: "Investigating Committee-based Evolution of Fuzzy Rules for the Detection of Suspicious Insurance Claims."* (2000). *Proc. of GECCO2000*.
- [55] P. Bentley, J. Kim, G. Jung. & J. Choi, "Fuzzy Darwinian Detection of Credit Card Fraud." *Proc. of 14th Annual Fall Symposium of the Korean Information Processing Society, (2000)*.
- [56] B. Bhargava, , Y. Zhong, & Y. Lu, "Fraud Formalisation and Detection." *Proc. of DaWaK2003, (2003)*, pp.330-339.
- [57] R. Bolton, & D. Hand, "Statistical Fraud Detection: A Review (With Discussion)." *Statistical Science (2002)*, pp.:235-255.
- [58] R. Bolton, & D. Hand, D. "Unsupervised Profiling Methods for Fraud Detection." *Credit Scoring and Credit Control VII. (2001)*.
- [59] F. Bonchi, , F. Giannotti, G. Mainetto, D. Pedreschi, "A Classification-based Methodology for Planning Auditing Strategies in Fraud Detection." *Proc. of SIGKDD99, (1999)* pp.175-184.

- [60] R. Brause, T. Langsdorf, & M. Hepp, "Neural Data Mining for Credit Card Fraud Detection." Proc. of 11th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence. (1999).
- [61] P. Brockett, R. Derrig, L. Golden, A. Levine, & M. Alpert, "Fraud Classification using Principal Component Analysis of RIDITs." Journal of Risk and Insurance (2002). pp. 341-371.
- [62] P. Brockett, X., Xia, & R. Derrig, "Using Kohonen's Self Organising Feature Map to Uncover Automobile Bodily Injury Claims Fraud." Journal of Risk and Insurance(1998), pp. 245-274.
- [63] P. Burge., & J. Shawe-Taylor, "An Unsupervised Neural Network Approach to Profiling the Behaviour of Mobile Phone Users for Use in Fraud Detection." Journal of Parallel and Distributed Computing: (2001), pp. 915-925.
- [64] M. Cahill, F. Chen, D. Lambert, J. Pinheiro, & D. Sun, D, "Detecting Fraud in the Real World." Handbook of Massive Datasets (2002), pp. 911-930.
- [65] R. Chen, M. Chiu, Y. Huang, & L. Chen, "Detecting Credit Card Fraud by Using Questionnaire-Responded Transaction Model Based on Support Vector Machines." Proc. of IDEAL2004, (2004), pp. 800-806.
- [66] S. Cho, "Incorporating Soft Computing Techniques Into a Probabilistic Intrusion Detection System." IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetic, (2002), pp.154-160.
- [67] K. Cox, S. Eick, & G. Wills, "Visual Data Mining: Recognising Telephone Calling Fraud. Data Mining and Knowledge Discovery, (1997) pp.225-231.
- [68] E. Cox, "A Fuzzy System for Detecting Anomalous Behaviors in Healthcare Provider Claims." In Goonatilake, S. & Treleaven, P. (eds.) Intelligent Systems for Finance and Business, (1995) pp.111-134. John Wiley and Sons Ltd.
- [69] A. Deshmukh, & T. Talluru, (1997). "A Rule Based Fuzzy Reasoning System for Assessing the Risk of Management Fraud." Journal of Intelligent Systems in Accounting, Finance & Management (1997), pp.669-673.
- [70] J. Dorronsoro, F. Ginel, C. Sanchez, & C. Cruz, "Neural Fraud Detection in Credit Card Operations. IEEE Transactions on Neural Networks, pp. 827-834.
- [71] R. Bhaskar, & P. C. Pendharkar, (1999). "The Wisconsin division of narcotics enforcement uses multi-agent information systems to investigate drug crimes." Interfaces, (1999), pp.77-87.
- [72] H. Chen, W. Chung, J. J. Xu, G. Wang, Y. Qin, & M. Chau, "Crime data mining: A general framework and some examples" Computer, (2004), pp. 50-55.
- [73] N. Kurlander, "The crime database battle. Security" Data mining and expert systems in law enforcement agencies Volume VIII, No. 2, 2007 335 Issues in Information System (2005), pp.30-32.
- [74] N. Swartz, "Anti-crime database losing support. Information Management Journal, (2004), pp. 16-17.
- [75] U.S. Department of Justice. FBI releases its 2005 crime statistics. September 18, (2006).
- [76] Wikipedia. Data Mining. Accessed Retrieved March 10, 2007, from [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Data\\_mining](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Data_mining) (2007).
- [77] C. Mendaña-Cuervo y E. López-González, "La Gestión Presupuestaria de Distribución con un Algoritmo Genético Borroso", Universidad de León, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Departamento de Dirección y Economía de la Empresa. Campus de Vegazana, s/n., E-24071 León-España.
- [78] B.G. Buchanan, and E. Shortliffe (eds.), "Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project", Addison-Wesley, Reading Mass, 1984.
- [79] H. B. Burke, "Artificial neural networks for cancer research: outcome prediction" Semin Surg Oncol 1994; pp.1-7.
- [80] W. G. Baxt, "Application of artificial neural networks to clinical medicine" Lancet (1995); pp.1135-1138.

- [81] Dybowski R, Gant V. "Artificial neural networks in pathology and medical laboratories" *Lancet* 1995; pp. 1203-1207.
- [82] G. D. Tourassi , C.E. Floyd , H. D. Sostman , R.E.Coleman . "Acute pulmonary embolism: artificial neural network approach for diagnosis" *Radiology* 1993; pp.555-558.
- [83] V. Goldberg , A. Manduca, D. L. Ewert. "Improvement in specificity of ultrasonography for diagnosis of breast tumors by means of artificial intelligence". *Med Phys* 1992; pp. 1275-1281.
- [84] T. J. O'Leary TJ, U. V. Mikel, R. L. Becker . "Computer-assisted image interpretation: use of a neural network to differentiate tuboportant lar carcinoma from sclerosing adenosis." *Mod Pathol* 1992; pp. 402-405.
- [85] Y. Wu, M.L.Giger, K. Doi, C.J. Vyborny, R.A. Schmidt, C. E. Metz. "Use of the Kohonen self-organizing map to study the Artificial neural networks in mammography: application to mechanisms of action of chemotherapeutic agents" *J Na L Decision making in the diagnosis of breast cancer. Radiology Cancer Inst* 1994; pp.1853-1859.
- [86] H. Fujita, T. Katafuchi, T. Uehara, T. Nishimura, "Application of neural network to computer-aided diagnosis of coronary artery disease in myocardial SPECT bull'seye images". *J Nucl Med.* 1992;33:272-276.
- [87] G. Porenta , G. Dorffner , S. Kundrat , P. Petta, J. Duit- Schedlmayer, H. Sochor, "Automated interpretation of planar thallium-201- dipyridamole stress-redistribution scintigrams using artificial neural networks". *J Nucl Med.* 1994; pp.2041-2047.
- [88] M. Haddad, K. P. Adlassnig, G. Porenta, "Feasibility analysis of a case-based reasoning system for automated detection of coronary heart disease from myocardial scintigrams. *Artif Intell Med.* 1997; pp. 61-78.
- [89] F. V. Gabor, F. L. Datz , P.E.Christian. "Image analysis and categorization of ventilation-perfusion scans for the diagnosis of pulmonary embolism using an expert system". *J. Nucl Med.* 1994; pp. 797- 802.
- [90] M.B. Imran, R. Kawashima, K. Sato, S. Ono, A. Qureshy, H. Fukuda, "Detection of CBF deficits in neuropsychiatric disorders by an expert system: a 99mTc-HMPAO brain SPET study using automated image registration. *Nucl Med Commun.* 1999; pp. 25-32.
- [91] A. Rabelo A, A. R. Rocha, K. Oliveira, et al. "An expert system for diagnosis of acute myocardial infarction with ECG analysis." *Artif Intell Med.* 1997; pp.75-92.
- [92] P. Adarraga, y J. L. Zaccagnini, DAI: "A knowledge-based system for diagnosing autism." A case study on the application of artificial intelligence to psychology". *European Journal of Psychological Assessment*, 1992, pp.25- 46.
- [93] W. Masson. Baxt, "Use of an artificial neural network for data analysis in clinical decisionmaking: The diagnosis of acute coronary occlusion. *Neural Computation*, 2, 1990, pp.480-489.
- [94] Alcaldía de Manizales. Oficina Municipal para Prevención y Atención de Desastres. "Sistema Experto para la toma de decisiones de Habitabilidad y Reparabilidad en Edificios después de un Sismo". Elaborado por Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS). Junio 2003.
- .....
- Cómo citar este artículo:  
ALFARO, Mauricio Ernesto. "Utilización de metodologías de Inteligencia Artificial y sus aplicaciones en El Salvador". *Ing-novación. Revista semestral de ingeniería e innovación de la Facultad de Ingeniería, Universidad Don Bosco.* Diciembre de 2011 - Mayo de 2012, Año 2, No. 3. pp. 57-68. ISSN 2221-1136.