

# Diseño de un Sistema para Alertar Riesgo en el Déficit de Micronutrientes

Marcelo Karanik, Roberto Suénaga, Fabián Favret,  
Karina Eckert, Maria Eugenia Barreyro

Departamento de Inv. y Desarrollo Universidad Gastón Dachary

Salta 1968, Posadas, Misiones - Argentina. Tel: +54 (0376) - 4438677

mkaranik@gmail.com, rsuenaga@dachary.edu.ar, fabianfavret@gmail.com,

karinaeck@gmail.com, mariaeugeniabarreyro@yahoo.com.ar

## Resumen

Hoy en día vivimos en una sociedad globalizada, donde los factores que determinan lo que se ingiere, está muy influenciado por las consecuencias sociales y culturales de los hábitos alimentarios. Esto a su vez, produce deficiencias nutricionales por exceso o déficit de micronutrientes como vitaminas y minerales. Las deficiencias más comunes y severas, son la de hierro y calcio, que pueden causar enfermedades como la anemia y osteoporosis. Por lo que es de suma importancia para la salud pública, detectar tempranamente el riesgo de déficit de los micronutrientes, analizando la ingesta de los mismos, y los factores que influyen en su absorción y utilización.

En busca de colaborar con los profesionales de la salud, este proyecto apunta al desarrollo de un sistema que alerte sobre posibles cuadros de déficit de micronutrientes, utilizando para ello, técnicas de inferencia probabilística y de redes neuronales artificiales. La idea básica es que el sistema capte la información de la historia clínica del paciente y a partir de esos datos pueda alertar, mediante el uso de redes de bayesianas el riesgo de déficit de hierro y calcio.

**Palabras clave:** Déficit de Micronutrientes, Sistemas Expertos, Inferencia Probabilística/Bayesiana, Redes Neuronales Artificiales.

## Contexto

El presente proyecto de investigación se encuentra en ejecución, adjudicado en el marco del 5° Llamado a Concurso de Proyectos de Investigación, convocado por la Secretaría de Investigación y Desarrollo de la Universidad Gastón Dachary en el año 2012.

## Introducción

### El Problema del Déficit De Micronutrientes (Desnutrición Oculta)

El Dr. Pedro Escudero definía a la nutrición como: “*el resultado o resultante de un conjunto de funciones armónicas y solidarias entre sí que tienen como finalidad mantener la composición e integridad normal de la materia y conservar la vida*” [1]. Cuando esas funciones se desarrollan de una manera incorrecta aparecen los problemas de la malnutrición. En la actualidad dichos problemas se clasifican en malnutrición por exceso como las enfermedades crónicas no transmisibles y malnutrición por déficit dentro de las cuales encontramos a la desnutrición oculta o el déficit de micronutrientes.

Entre los micronutrientes que presentan mayores riesgos de déficit en nuestra población, se encuentran el hierro, que afecta mayoritariamente a la población infantil, adolescentes, a mujeres en edad fértil y mujeres embarazadas; y como consecuencia, entre otras situaciones aparece anemia. Se define anemia como “*disminución de la masa de glóbulos rojos o de la concentración de hemoglobina*”

*por debajo del segundo desvío estándar respecto de la media para edad y sexo” [2].*

Otro mineral que presenta déficit es el calcio, su carencia afecta a las personas mayores, fundamentalmente a las mujeres en el clima-terio y esto es uno de los factores de riesgo de osteoporosis.

La anemia por deficiencia de hierro es una de las carencias nutricionales más frecuentes en el mundo. Su presencia afecta la respuesta inmune y la resistencia a las infecciones, el metabolismo del músculo, el desarrollo intelectual, la capacidad cognitiva y de trabajo, y la regulación de la temperatura corporal. Así como el retraso de talla con peso normal o elevado respecto de su talla actual es la forma prevalente de malnutrición en los niños, la deficiencia de hierro es la forma prevalente del déficit de micronutrientes. Ambas situaciones pueden coexistir en los mismos individuos, estratos sociales y regiones, por otro lado, la deficiencia de micronutrientes en individuos aparentemente sanos suele pasar inadvertida y puede traer consecuencias críticas en la salud [3]. Por otro lado, la osteoporosis es una enfermedad esquelética sistémica caracterizada por baja masa ósea y deterioro de la microestructura del tejido óseo, con el consecuente incremento en la fragilidad ósea y la susceptibilidad a las fracturas [4]. Por lo tanto es de suma importancia para la salud pública, detectar tempranamente el riesgo de déficit de los micronutrientes, analizando no solamente la ingesta de los mismos, sino también los factores que influyen en la absorción y por lo tanto en su utilización. Analizando también factores que mejoran el aprovechamiento y aquellos que inhiben; como así también el estilo de vida de los individuos que afectan positiva o negativamente en su salud.

### **Sistemas Expertos**

La detección de situaciones probables a partir de hechos concretos es una tarea que ha sido ampliamente abordada en el área de la inteligencia artificial (IA). Una gran variedad de técnicas [5][6][7][8][9][10] se han propuesto para tratar el tema del diagnóstico, generando gran cantidad de aplicaciones que dan apoyo

a las personas durante los procesos de toma de decisiones. Estas aplicaciones utilizan el conocimiento disponible para inferir posibles situaciones en base a evidencia circunstancial, de manera similar a la que lo haría un experto del área de problema. Por este motivo, se conoce a dichas aplicaciones como sistemas expertos. Este tipo de aplicaciones se integra al modelo de resolución de problemas de Simon [11] delegando al experto la etapa de selección de la alternativa que considere conveniente.

Básicamente, los sistemas expertos utilizan la representación del conocimiento del especialista para diagnosticar situaciones y, eventualmente, sugieren acciones que estiman adecuadas para resolver el problema [12].

Los sistemas de diagnóstico son muy utilizados en distintas áreas; industria, educación, medicina, etc., e implementan una gran variedad de técnicas de ia que van desde los sistemas de reglas lógicas [5][7][9][10], sistemas difusos [9][10], sistemas probabilísticos [5][7][13][14], sistemas de clasificación basados en instancias [10][15], redes neuronales artificiales [16][17][18][19], algoritmos genéticos [7][20] y sistemas de búsqueda heurísticos [5][7][9][10]. Estos sistemas realizan inferencias en función a los datos disponibles que permiten determinar las situaciones que expliquen dichos datos. Es decir, llegan al diagnóstico en base a los síntomas que se evidencian de una situación particular.

La idea subyacente en los sistemas de diagnóstico es la representación del conocimiento de un experto y la simulación del mecanismo de deducción que emplea en su tarea [10]. Claramente, la medicina es un ámbito propicio para el desarrollo de sistemas de diagnóstico y existe una elevada cantidad de este tipo de aplicaciones [21][22][23].

Específicamente, los sistemas expertos utilizados en el área de nutrición tienen, en general, el objetivo de elaborar dietas personalizadas de los pacientes en base a una serie de datos sobre hábitos alimentarios, antropométricos y bioquímicos. Estas herramientas asisten al profesional en el diseño de las dietas específicas para cada paciente, dependiendo

del objetivo que se pretenda alcanzar (aumento/disminución de peso, entrenamiento para el alto rendimiento, tratamiento de enfermedades específicas, etc.).

Se puede ver la elaboración de una dieta como el resultado del análisis de los datos recabados en una primera etapa de la atención de un paciente. Luego, una vez confeccionada la dieta, se realiza un seguimiento del paciente y de ser necesario, se ajusta dicha dieta a los cambios que puedan surgir. Los datos capturados inicialmente pasan a formar parte de la historia clínica del paciente que serán consultados con posterioridad en caso de necesidad.

Ese volumen de información puede ser útil en la detección de las alteraciones del estado nutricional del paciente y de los estados patológicos que de ellas se puedan derivar.

Por lo general los sistemas de diagnóstico bien ideados tropiezan con bases éticas y legales, aunque probablemente la velocidad de procesamiento, la integración con el esquema de flujo de diagnóstico del médico, y la base de conocimiento actualizada adecuadamente sean las verdaderas trabas a su aplicación. A pesar de esto, algunos autores apuntan a que el uso de estos sistemas mejora sustancialmente la práctica clínica.

Una solución adecuada que pueda hacer frente a las dificultades mencionadas requiere el diseño de una aplicación robusta, distribuida, de simple implementación y de fácil utilización. El desarrollo exitoso de un sistema con las mencionadas características, implica la participación y colaboración coordinadas de múltiples áreas, desde los profesionales médicos hasta los ingenieros que provean el soporte tecnológico para la implementación.

## **Líneas de investigación y desarrollo**

En este proyecto se apunta al desarrollo de un sistema de alerta que detecte riesgo de déficit de micronutrientes en pacientes cuando realizan una consulta médica. La idea básica es que el sistema capte la información de la historia clínica del paciente y a partir de esos datos pueda inferir sobre el estado nutricional.

Se pretende que el sistema funcione de manera complementaria y sin atención constante del profesional. Es decir, a medida se ingresan los datos a la historia clínica, el sistema de diagnóstico los captura y realiza inferencias que generan, en caso de ser necesario, las alertas correspondientes.

La funcionalidad puede describirse en las siguientes etapas:

- A) El profesional carga los datos de historia clínica del paciente (o los actualiza) teniendo en cuenta síntomas, datos antropométricos, información de análisis clínicos y mediciones que realiza en el consultorio.
- B) El sistema cliente de alerta capta los datos cargados y los envía al sistema servidor que realiza inferencias utilizando el conocimiento disponible sobre déficit de micronutrientes.
- C) En caso de que los datos recibidos denoten alguna alteración nutricional, el sistema servidor envía un informe de alerta con la situación detectada.

Los datos del paciente quedan almacenados en el sistema de historias clínicas, y serán utilizados nuevamente en alguna consulta posterior.

Cabe aclarar que esta propuesta se basa en el procesamiento remoto de los datos. Se cree conveniente utilizar esta estrategia ya que con la notable evolución de las tecnologías de telecomunicaciones y aplicaciones web, el acceso a internet es masivo y de bajo costo.

Para el procesamiento de los datos del paciente se propone utilizar un modelo probabilístico (utilizando inferencia bayesiana) que permita estimar las probabilidades de ocurrencia de cada anomalía. Con este modelo se pueden explicar los resultados obtenidos a partir del conjunto de datos inicial para que el profesional pueda entender el motivo de la alerta generada. Un aspecto importante de destacar es que la base de conocimiento en este tipo de modelos es fácilmente actualizable mediante la incorporación de los datos de diagnósticos confirmados.

Además, en el modelo de procesamiento se propone también la incorporación de un módulo neuronal de diagnóstico, paralelo e independiente al probabilístico. Con esto se busca mayor confiabilidad de los resultados obtenidos.

Es decir, utilizando el mismo conjunto de datos, se pretende compararlos con patrones previamente definidos mediante el uso de una red neuronal entrenada con la información de pacientes que hayan sufrido alguna de las anomalías.

Finalmente se propone diseñar un módulo de consenso que utilice los dos diagnósticos obtenidos y genere una salida unificada del sistema. Para ello se propone la utilización de técnicas de agregación utilizada en el área de toma de decisiones y lógica difusa. En caso que las salidas individuales sean substancialmente diferentes, el módulo remitirá ambas opciones.

## Resultados y Objetivos

### Objetivo general

Desarrollar un sistema de alerta sobre posibles cuadros de déficit de micronutrientes que utilice técnicas de inferencia probabilística y de redes neuronales.

### Objetivos específicos

- Realizar una revisión sistemática de la literatura científica.
- Adquirir mediante entrevistas con expertos locales, el conocimiento necesario para el desarrollo del sistema.
- Definir los perfiles de pacientes con problemas nutricionales.
- Representar el conocimiento del experto mediante redes de inferencia bayesiana.
- Utilizar redes neuronales de aprendizaje supervisado para la detección de situaciones de déficit de micronutrientes.
- Programar los módulos de inferencia y de consenso.
- Programar el sistema de captura de datos de hábitos alimentarios, antropométricos y bioquímicos.

- Programar el acceso web al sistema de inferencia.

## Formación de Recursos Humanos

Actualmente el equipo de trabajo de esta línea de investigación está compuesto por docentes de los Departamentos de Ingeniería y Ciencias de la Producción y de Ciencias de la Salud de la UGD.

### Director del Proyecto:

Dr. en Ing. de Sistemas y Computación: Marcelo Karanik.

### Coordinación Interdisciplinaria:

Ing. en Sistemas: Roberto Suénaga.

### Docentes-Investigadores:

Ing. en Informática: Fabián Favret, Karina Eckert.

Lic. en Nutrición: M<sup>a</sup> Eugenia Barreyro.

## Referencias

- [1] López L. Suárez M. "Fundamentos de Nutrición Normal". Editorial El Ateneo, Buenos Aires. 2003.
- [2] Donato, H. Cedola, A. Rapetti, M.C. Buys, M.C. Gutiérrez, M. Parias Nucci, R. Rossi, N. Schwartzman, G. "Anemia Ferropénica. Guía de Diagnóstico y Tratamiento". Comité Nacional de Hematología. 2009.
- [3] Kogan L. Aveyá Guillardón E. Biglieri, A. Mangialavori, G. Calvo, E. Durán, P. "Anemia: la desnutrición oculta – Resultados de la Encuesta Nacional de Nutrición y Salud". Ministerio de Salud de la Rep. Argentina. 2008.
- [4] Torresani, M. E. "Aprendamos a comer frente al cambio hormonal". Editorial Akadia, Buenos Aires. 2009.
- [5] Castillo, E. Gutierrez, J. Haidi, A. "Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas". Monografías de la Academia de Ingeniería, Univ. de Cantabria, España. 1998.
- [6] Dutta, A. "Integrating AI and Optimization for Decision Support: A Survey". Deci-

- sion Support Systems. Vol 18(3). Pag 217-226. 1996.
- [7] Nilsson, N. "Inteligencia Artificial, Una nueva síntesis". Mcgraw Hill. 2000.
- [8] Partridge, D. "Artificial Intelligence and Software Engineering - Understanding the Promise of the Future". Amacom. 1998.
- [9] Rich, E. Knight, K. "Inteligencia Artificial". Mc graw hill. 1996.
- [10] Russell, S. Norvig, P. "Inteligencia Artificial, un Enfoque Moderno". Pearson Prentice Hall. 2004.
- [11] Simon, H.A. "The new science of management decision". NY. Harper and brothers. 1960
- [12] Arnott, D. Pervan, G. "Eight Key Issues for the Decision Support Systems Discipline". Decision Support Systems. Vol 44(3). Pag 657-672. 2008.
- [13] Neapolitan, R. E. "Probabilistic Reasoning in Expert Systems - Theory and Algorithms". Wiley 1990.
- [14] Pearl, J. "Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference". Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, USA. 1988.
- [15] Mitchell, T. "Machine learning". Mc graw hill. 1997.
- [16] Bishop, C.M. "Neural Networks for Pattern Recognition". Clarendon Press, Oxford. 1995.
- [17] Freeman, J.A. Skapura, D.M. "Neural Networks: Algorithms, Applications and Programming Techniques". Reading. Addison wesley. 1991.
- [18] Haykin, S. "Neural Networks: a Comprehensive Foundation". NY. Prentice Hall. 1998.
- [19] Hilera, J. R. Martinez, V. J. "Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos, Modelos y Aplicaciones". Alfaomega. 2000.
- [20] Goldberg, D.E. "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning". Addison Wesley. 2007.
- [21] Clarke, K. O'moore, R. Smeets, R. Talmon, J. Brender, J. McNair, P. Nykanen, P. Grimson, J. Barber B. "A Methodology for Evaluation of knowledge-based Systems in Medicine". Artificial Intelligence in Medicine. Vol 6(2). Pag 107-121. 1994.
- [22] Leung, D. Romagnoli, J. "Dynamic Probabilistic model-based Expert System for Fault Diagnosis". Computers & Chemical Engineering. Vol 24(11). Pag 2473-2492. 2000.
- [23] Shu-hsien Liao. "Expert System Methodologies and Applications - A Decade Review from 1995 to 2004". Expert Systems with applications. Vol 28(1). Pag 93-103. 2005.