



## MODELOS DE PREDICCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE DEFICIENCIAS DE HIERRO EN HOJAS DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.) CON REDES NEURONALES BAYESIANAS REGULARIZADAS Y ÁRBOLES DE CLASIFICACIÓN

### PREDICTION AND CLASSIFICATION MODELS OF IRON DEFICIENCIES IN COMMON BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) LEAVES USING BAYESIAN REGULARIZED NEURAL NETWORKS AND CLASSIFICATION TREES

Edgar García-Cruz, Manuel Sandoval-Villa\*, José A. Carrillo-Salazar, Paulino Pérez-Rodríguez, Jorge D. Etchevers-Barra y Antonia Macedo-Cruz

Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. 56230, Montecillo, Estado de México, México.

\*Autor para correspondencia (msandoval@colpos.mx)

#### RESUMEN

Los métodos de detección de deficiencias de hierro (Fe) en cultivos como el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) constituyen una herramienta valiosa en la toma de decisiones porque pueden utilizarse para predecir el estado nutrimental de las plantas en etapas tempranas. En esta investigación se usaron redes neuronales bayesianas regularizadas (BRNN, por sus siglas en inglés) y árboles de clasificación para llevar a cabo la predicción de dichas deficiencias basados en lecturas del SPAD 502, el cual se empleó para medir el índice de verdor de las hojas en el frijol. Se llevó a cabo un experimento con ocho tratamientos con diferentes variaciones en la concentración de Fe (0, 20, 40, 60, 80, 100, 150 y 200 %) en la solución nutritiva. Durante 7 semanas se tomaron las mediciones promedio del índice de verdor de los tres folíolos de cinco repeticiones correspondientes a los ocho tratamientos y posteriormente los datos fueron utilizados para ajustar los modelos estadísticos antes mencionados. Con las BRNN, la correlación entre valores observados y predichos fue de 0.77 para el conjunto de datos en entrenamiento y de 0.54-0.71 para prueba. Para el caso de los árboles de clasificación, en etapa de entrenamiento el porcentaje de clasificaciones correctas fue 56.25 % y disminuyó casi 30 % cuando se llevó a cabo el procedimiento de validación. Por lo que para la presente investigación, el uso de BRNN constituye una herramienta valiosa para la predicción de deficiencias tempranas de Fe en el cultivo de frijol.

**Palabras clave:** SPAD, clorosis férrica, detección, nutrición, índice de verdor.

#### SUMMARY

The detection methods for iron (Fe) deficiencies in crops, such as common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), are valuable decision-making tools that predict the nutritional status of plants in early stages. For this research, Bayesian regularized neural networks (BRNN) and classification trees were applied to predict iron deficiencies based on SPAD-502 readings that estimated the greenness index in common bean leaves. An experiment was carried out with eight treatments at different levels of Fe concentration in the nutrient solution (0, 20, 40, 60, 80, 100, 150 and 200 %). For seven weeks, the average green index measurements of the three leaflets of five replicates corresponding to the eight treatments were taken, and the collected data were used to adjust the statistical models mentioned above. With BRNN, the correlation between observed and predicted values was 0.77 for the training data set and 0.54 - 0.71 for the test data. In the case of classification trees, in the training stage, the percentage of correct classifications was 56.25 %, and when the validation procedure was carried out, it decreased almost 30 %. Thus for this type of research, the use of BRNN constitutes a valuable tool for the prediction of early deficiencies of Fe in common bean crop.

**Index words:** SPAD, iron chlorosis, detection, nutrition, green index.