

## REDES NEURONALES

### MLP con una capa oculta

La MLP 1 tiene una capa de entrada de 520 neuronas, una capa oculta con 22 neuronas con una función de activación ReLu y una capa de salida con una función sigmoide. El algoritmo de retropropagación utiliza la función de pérdida binary cross entropy. La estrategia de optimización seleccionada fue adam.

El número de neuronas en la capa oculta es

$$h = \sqrt{1 * 520} = 22$$

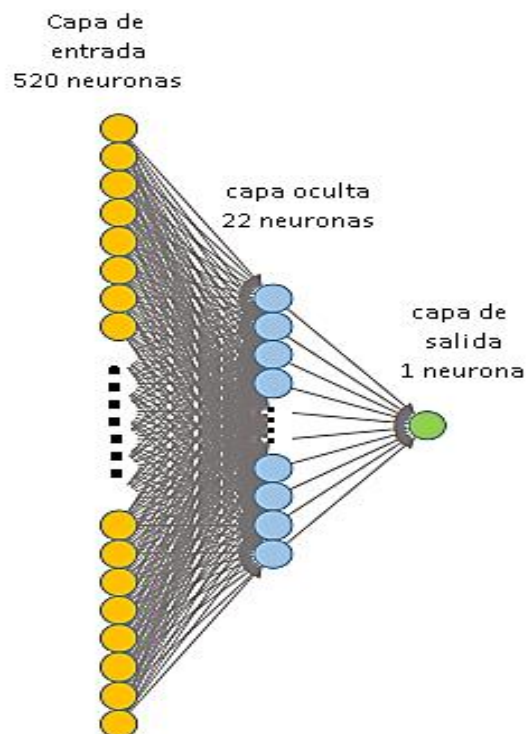


Figura 1 Diagrama de MLP con una capa oculta.

Se seleccionó el optimizador adam y la función de pérdida binary cross entropy.

El número de épocas de entrenamiento fue modificado según la tabla 1.

Tabla 1 Número de épocas para entrenamiento de redes neuronales

Número de épocas
300
500
700
1000
1200
1500
2000

### **Entrenamiento de MLP con una capa oculta**

Tabla 2 Exactitud en entrenamiento y validación del modelo generado por la MLP con una capa oculta

Épocas	Validación cruzada	Validación externa
50	0.942	0.938
100	0.962	0.938
150	0.981	0.938
200	0.913	0.938
250	0.971	0.938
300	1	0.938
350	1	0.938
400	0.923	0.938

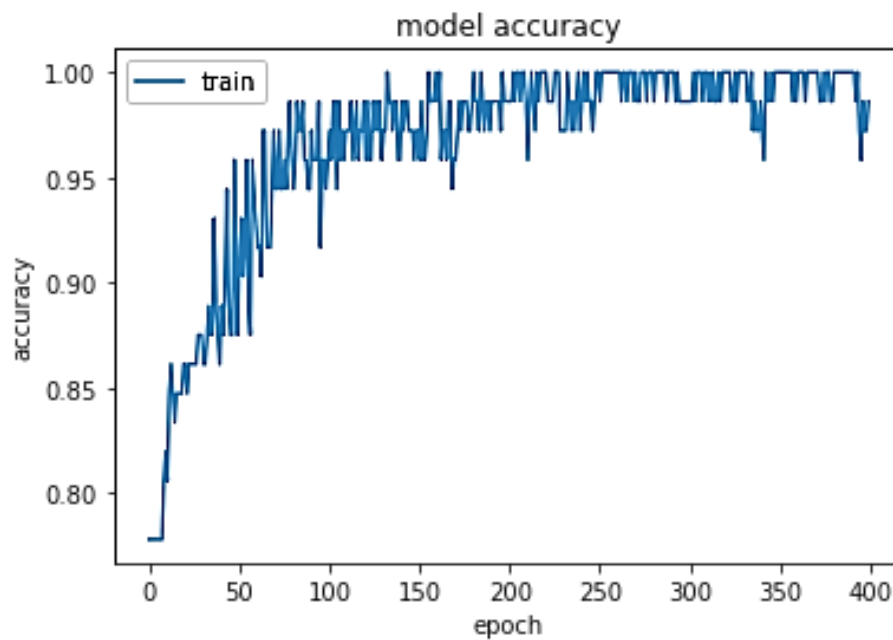


Figura 2 Curva de exactitud en entrenamiento de la MLP con una capa oculta.

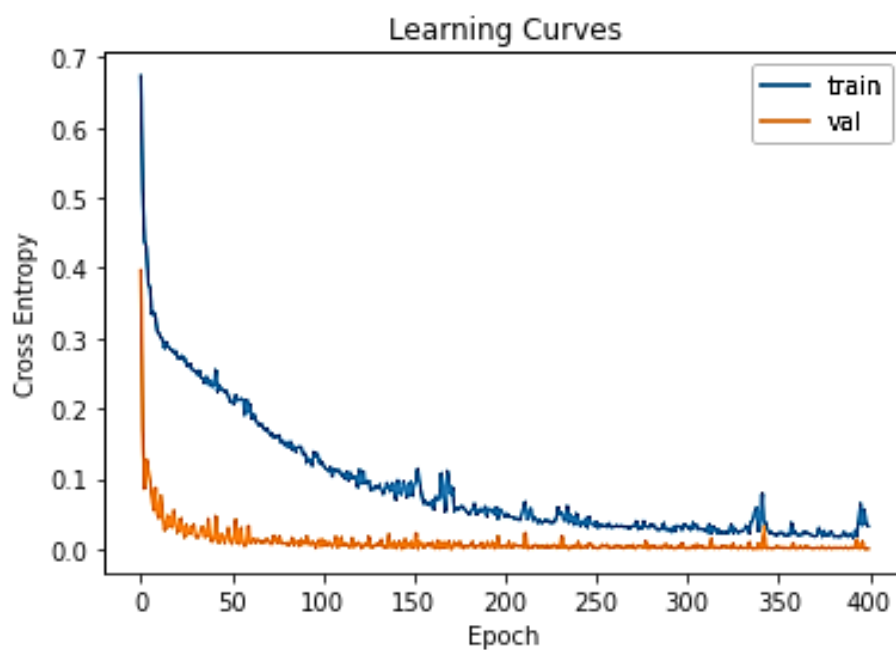


Figura 3 Curvas de aprendizaje de la MLP con una capa oculta.

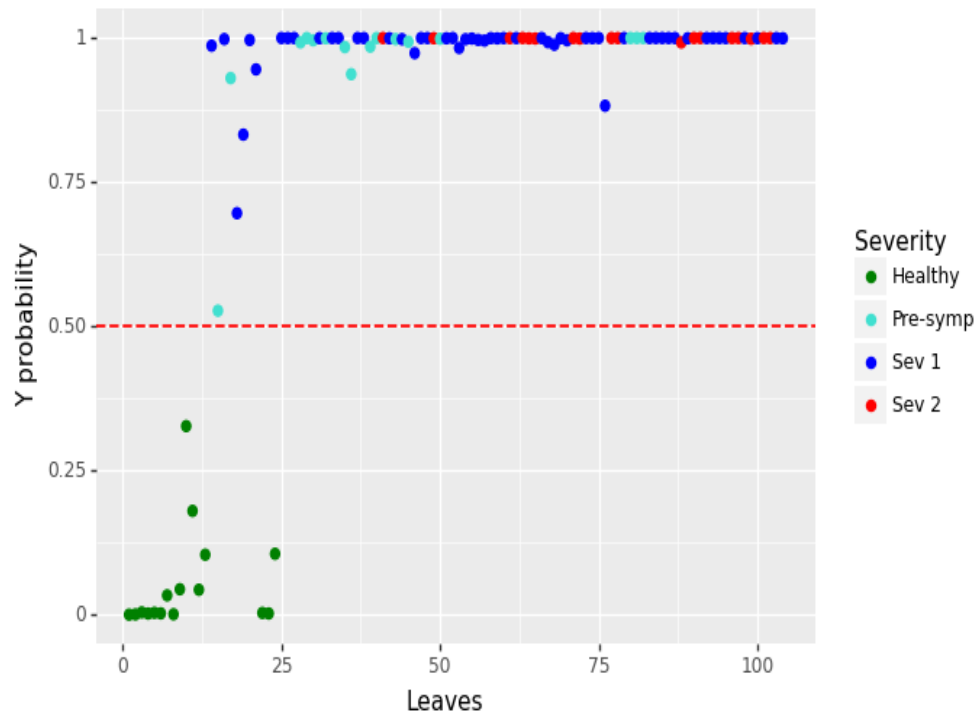


Figura ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento. Probabilidad estimada por la MLP con una capa oculta en fase de entrenamiento.

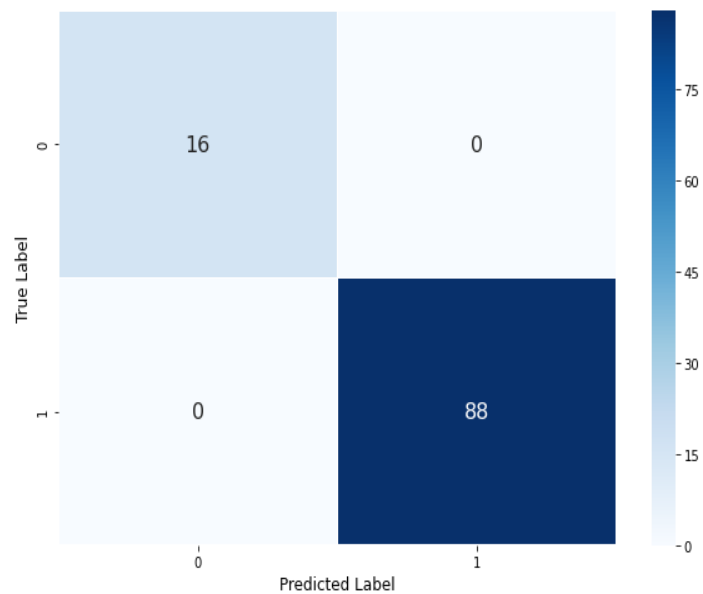


Figura 5 Matriz de confusión de predicción de datos de entrenamiento por la MLP con una capa oculta.

Tabla 3 Métricas de predicción de datos de prueba usando la MLP con una capa oculta

	Hojas Infectadas	Hojas no-infectadas	
Resultado Test	TP	FP	Precisión
	88	0	1
	FN	TN	Valor Pred. negativo
	0	16	1
	Sensibilidad	Especificidad	Exactitud
	1	1	1

### Validación de la MLP con una capa oculta

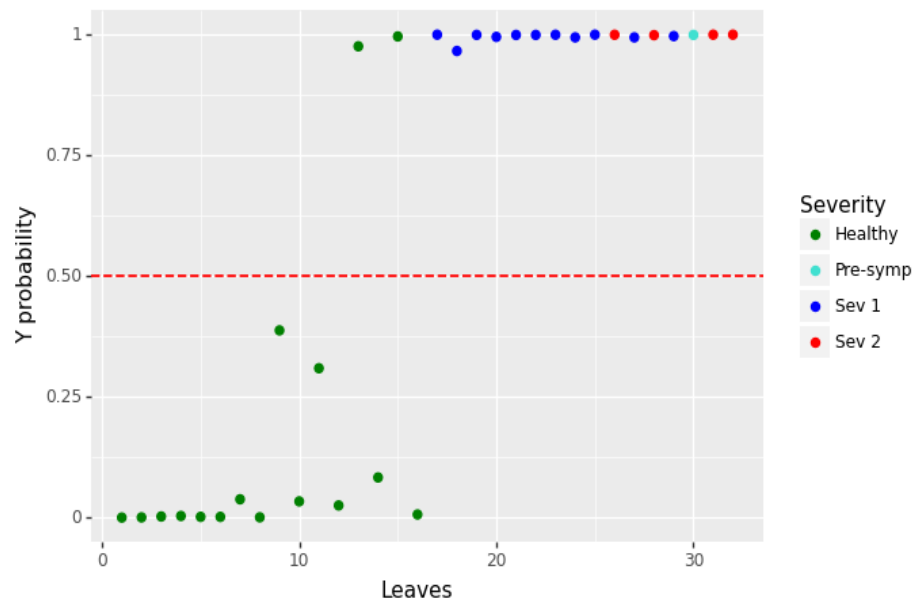


Figura 6 Probabilidad estimada por la MLP con una capa oculta en validación externa.

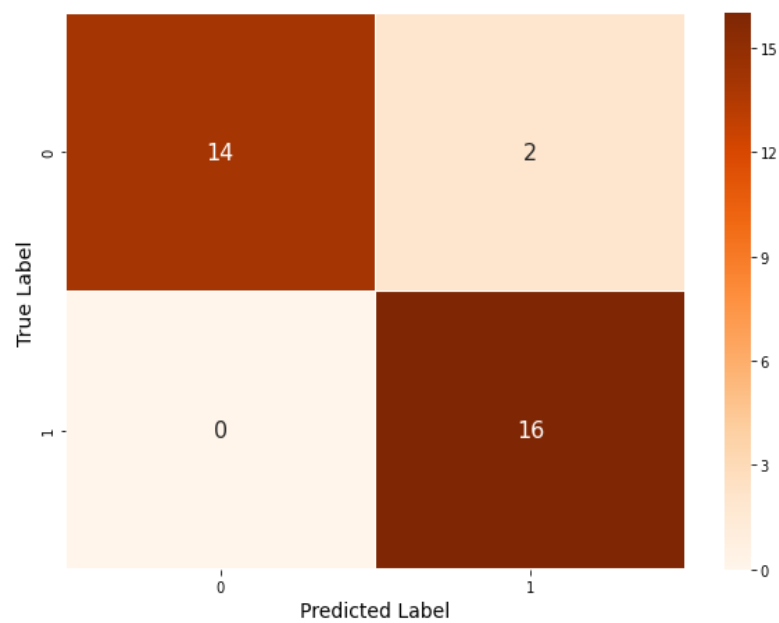


Figura 7 Matriz de confusión de red neuronal de una capa oculta en validación externa.

Tabla 4 Métricas de predicción de MLP con una capa oculta con datos de prueba

	Hojas Infectas	Hojas no-infectadas	
Resultado Test	TP	FP	Precisión
	16	2	0.89
	FN	TN	Valor Pred. negativo
	0	14	1
	Sensibilidad	Especificidad	Exactitud
	1	0.88	0.94

La precisión fue 0.89. El  $F_1$  y el AUC resultaron 0.94.

### MLP con dos capas ocultas

De la misma manera que la primera MLP, el tipo de salida que requerimos es binaria (0,1) por lo tanto, la capa de salida está formada por una neurona con una función de activación sigmoide.

La función de activación en las dos capas ocultas es ReLu.

El número de neuronas de las capas ocultas:

$$r = \sqrt[3]{\frac{n}{m}} = \sqrt[3]{\frac{520}{1}} = 8$$

$$H1 = m * r^2 = 1 * 64 = 64$$

$$H2 = m * r = 1 * 8 = 8$$

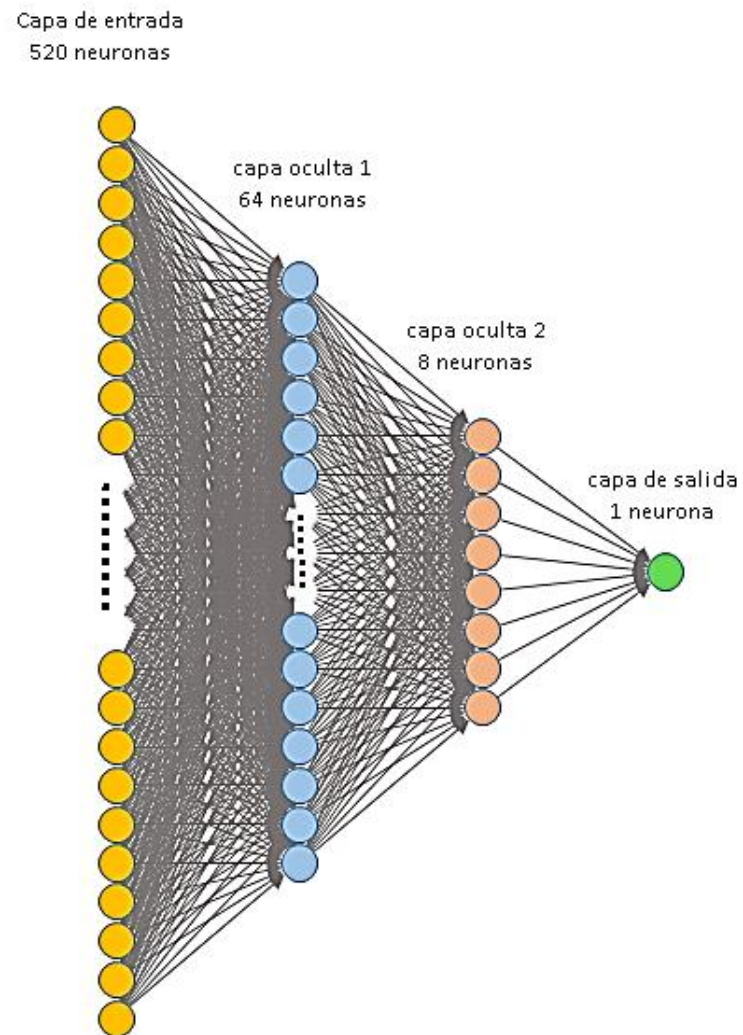


Figura 8 Diagrama de MLP con dos capas ocultas.

Se utilizó el optimizador de gradiente adam y la función de pérdida binay cross entropy.



### **Entrenamiento de MLP con dos capas ocultas**

Tabla 5 Exactitud en entrenamiento y validación del modelo generado por la MLP con dos capas ocultas

Épocas	Validación cruzada	Validación externa
50	0.904	0.938
100	0.904	0.938
150	0.962	0.938
200	0.981	0.938
250	0.981	0.938
300	0.981	0.938
350	1	0.938
400	1	0.938

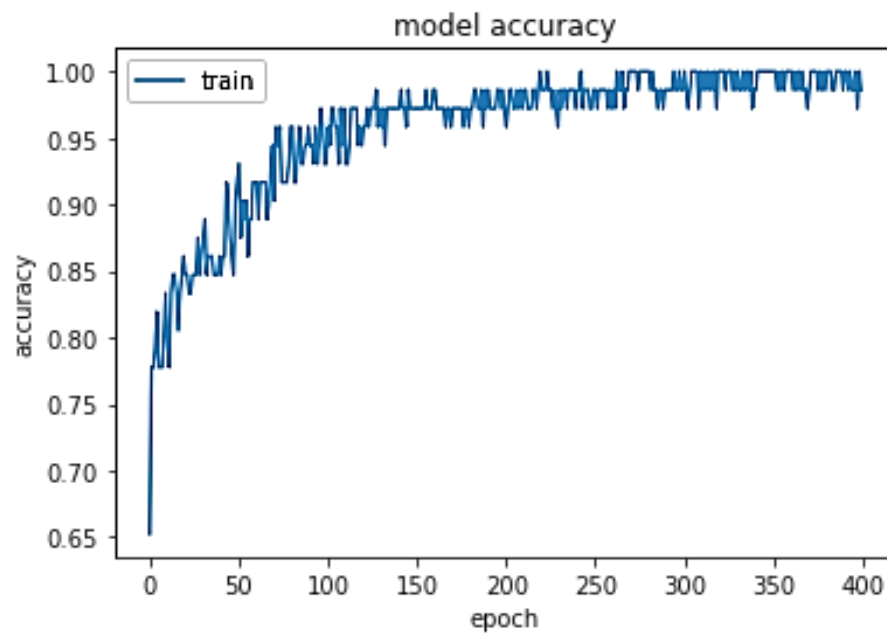


Figura 9 Curva de exactitud en entrenamiento de la MLP con dos capas ocultas.

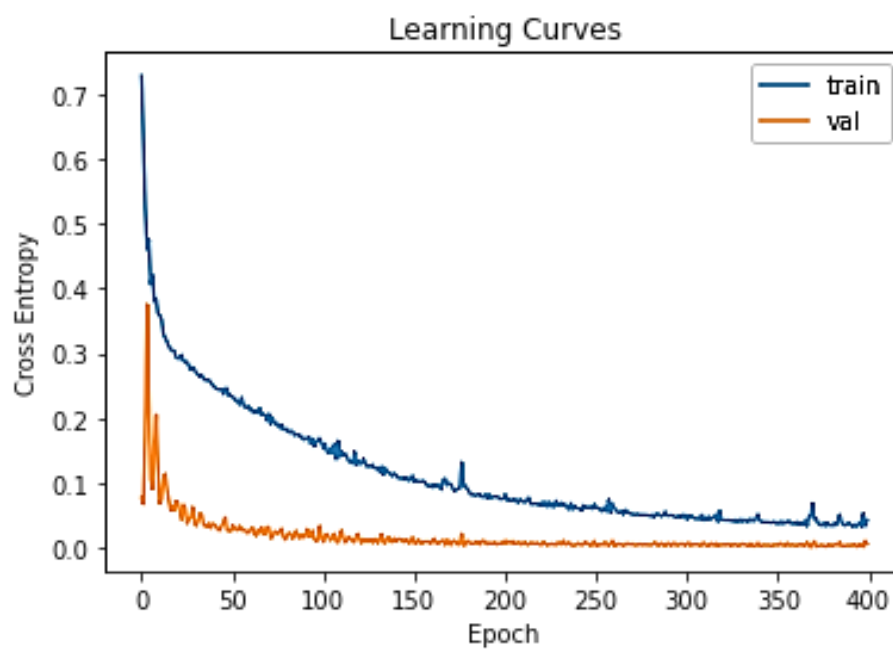


Figura 10 Curvas de aprendizaje de la MLP con dos capas ocultas.

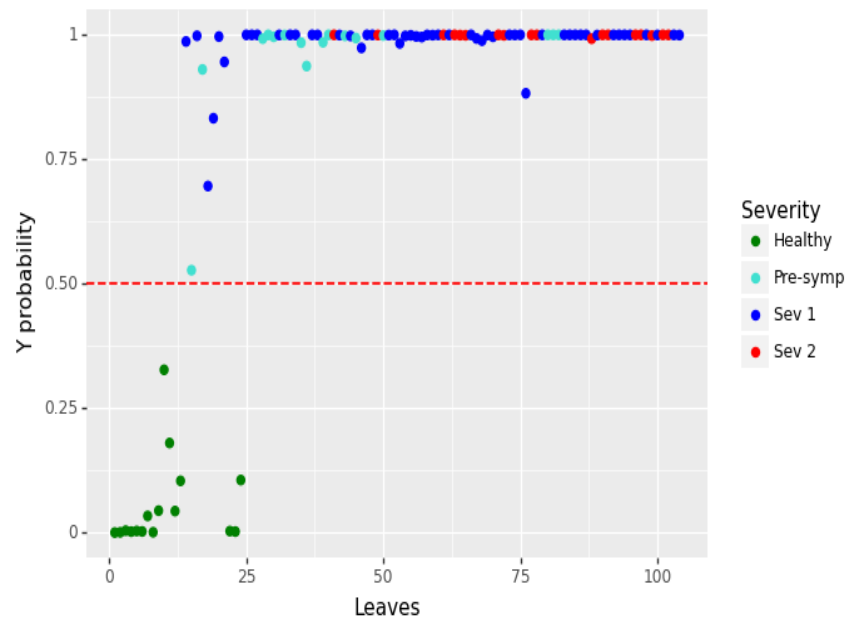


Figura 11 Probabilidad estimada por la MLP con dos capas ocultas en fase de entrenamiento.

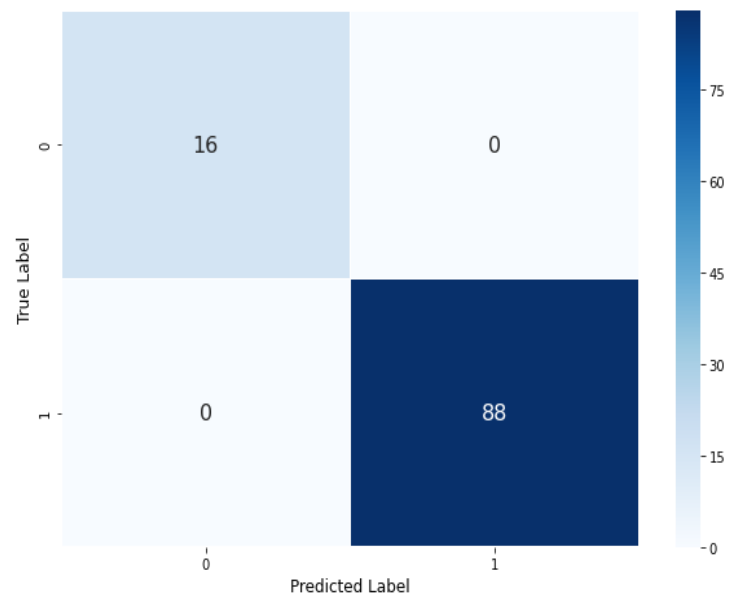


Figura 12 Matriz de confusión de predicción de datos de entrenamiento por la MLP con dos capas ocultas.

Las métricas de predicción se describen a continuación.

Tabla 6 Evaluación de métricas de predicción de datos de prueba usando la MPL con 2 capas ocultas

	Hojas Infectadas	Hojas no-infectadas	
Resultado Test	TP	FP	Precisión
	88	0	1
	FN	TN	Valor Pred. negativo
	0	16	1
	Sensibilidad	Especificidad	Exactitud
	1	1	1

### Validación de MLP con dos capas ocultas

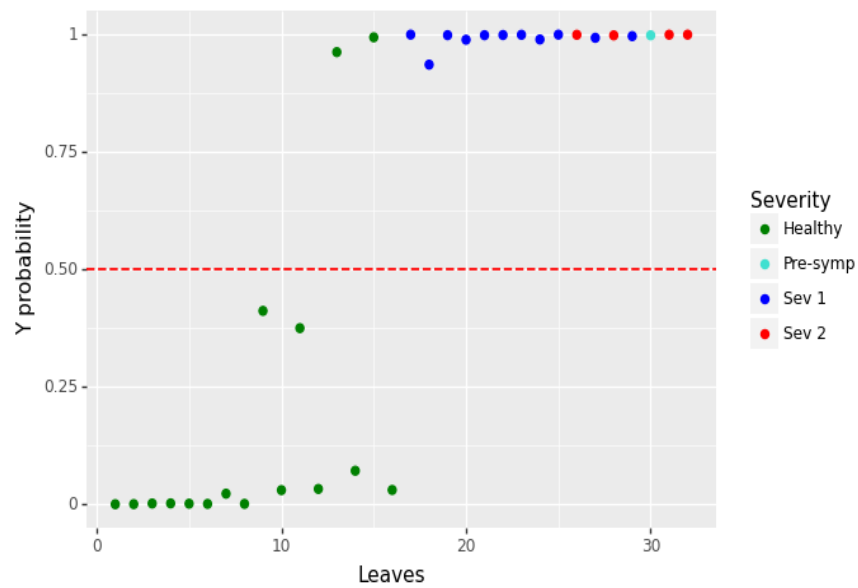


Figura 13 Probabilidad estimada por la MLP con dos capas ocultas en validación externa.

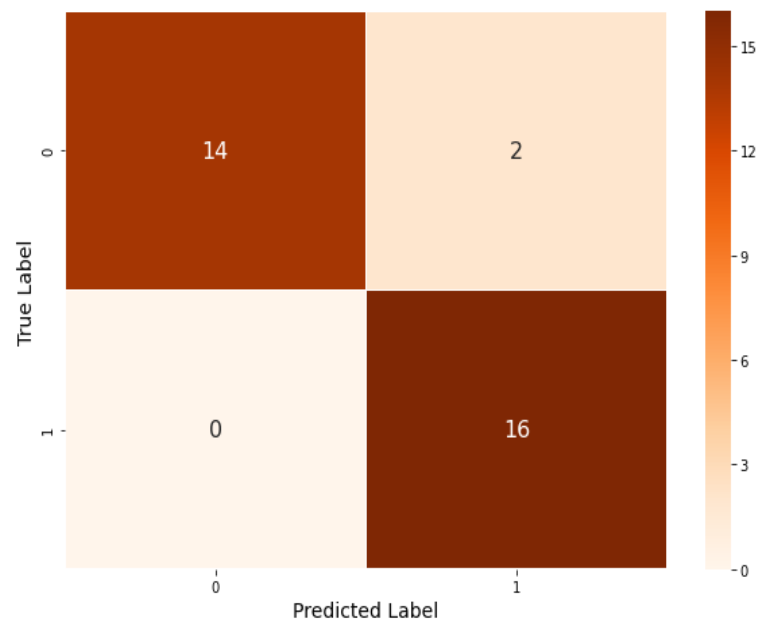


Figura 14 Matriz de confusión de MLP con dos capas ocultas en validación externa.

Tabla 7 Métricas de predicción de datos de prueba con MLP con dos capas ocultas en validación externa

	Hojas infectadas	Hojas no-infectadas	
Resultado Test	TP	FP	Precisión
	16	2	0.89
	FN	TN	Valor Pred. negativo
	0	14	1
	Sensibilidad	Especificidad	Exactitud
	1	0.88	0.94

La precisión fue 0.89,  $F_1$  y el AUC 0.94.