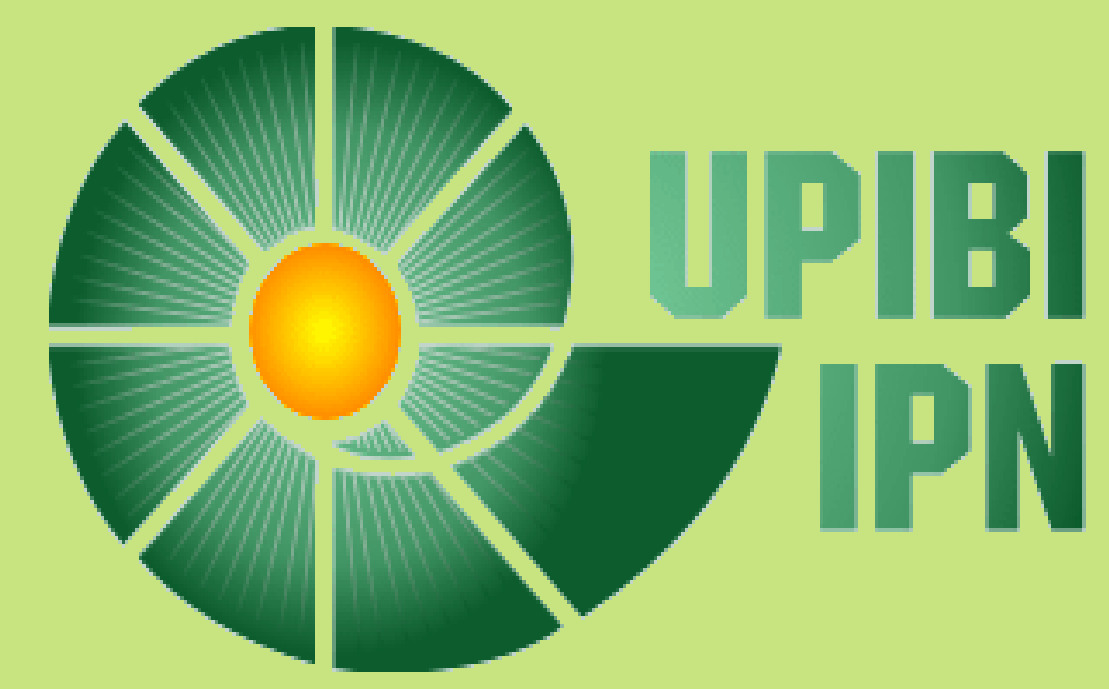




Sistema de adquisición inalámbrica para variables dinámicas del desempeño atlético utilizando controladores Atmega

Rebeca Budar-Alemán; Alejandro Sotelo-De Ávila; Omar Rico-Ascención; Sánchez-Velarde Emmanuel; Ramirez-Sotelo Ma. Guadalupe; Cabrera-Llanos Agustín I.



Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología del Instituto Politécnico Nacional
Dpto. de Bioproscesos

Avenida Acueducto S/N, Barrio La Laguna Ticomán, Gustavo A. Madero, Distrito Federal, México. C.P. 07340
acabrera@ipn.mx

Introducción

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica que aparece cuando el cuerpo no puede producir suficiente insulina o no puede usar la insulina eficazmente [1]. En la diabetes tipo 2 (DM2), la más común, el cuerpo puede producir insulina, pero o bien esto no es suficiente o bien el cuerpo no puede responder a sus efectos, dando lugar a una acumulación de glucosa en sangre.

Según datos de la Federación Internacional de Diabetes (IDF, por sus siglas en inglés) en 2013 se registraron 4,600 millones de casos de diabetes en población adulta (de 20 a 79 años) internacionalmente, de los cuales 8, 723,420 casos de estos fueron registrados en México [2].

Los animales diabéticos han contribuido a entender las causas, consecuencias y tratamiento de este síndrome metabólico, aunque no representen exactamente los aspectos de la enfermedad en el ser humano. Para describir el modelo de ratón diabético, a los animales de experimentación, se les indujo DM2 con estreptozotocina, y como hipoglucemiante se utilizó extracto de raíz de *Ibervillea sonora*, el cual ha sido estudiado por su efecto antidiabético, a diferentes concentraciones con diferentes extractos.

El modelo de interacción glucosa e insulina fue propuesto como modelo de aproximación muy efectivo para estimar la sensibilidad de la insulina y la efectividad de la glucosa, lo cual es muy útil para el estudio de la diabetes [3].

Metodología

Modelo ratón diabético

Para determinar experimentalmente el modelo de glucosa insulina en ratas sanas y en diabéticas, se realizó una cinética en 5 grupos, cada uno conformado por 5 animales sanos y otro por 5 diabético, cada uno de ellos con un grupo de control negativo al cual se le administró agua purificada, tres grupos administrados con extracto de raíz de *Ibervillea sonora*, en dosis de 100 mg/kg, 200 mg/kg y 400 mg/kg; y un grupo de control positivo, administrado con 6 mg/kg de glibemipirida. Con el fin de obtener las variaciones de glucemia durante un periodo de 8 horas, obteniendo los datos de la tabla 1. De la misma manera para determinar el modelado con animales diabéticos con el fin de obtener las variaciones de glucemia durante un periodo de 8 horas, obteniendo los datos de la tabla 2.

Tabla 1: Valores de medición de glucemia en animales sanos.

Glucemia (mg/dL)*						
Grupo	0 h	1 h	2 h	4 h	6 h	8 h
Control (-)	69.00	72.40	70.20	73.40	68.00	64.20
100 mg/kg	72.00	72.20	67.40	65.40	65.80	61.40
200 mg/kg	72	73	75.2	65.2	63.8	61.6
400 mg/kg	67.40	67.80	68.80	66.20	61.20	66.80
Control (+)	72.40	62.30	45.00	32.80	39.40	41.40

*Se presenta el valor promedio de las mediciones, con un error estándar promedio máximo de 10.47% y de 1.55% mínimo.

Tabla 1: Valores de medición de glucemia en animales diabéticos.

Glucemia (mg/dL)*						
Grupo	0 h	1 h	2 h	4 h	6 h	8 h
Control (-)	573.0	572.6	573.0	574.6	576.0	565.0
100 mg/kg	556.3	546.7	503.0	491.0	487.0	485.7
200 mg/kg	526.3	473.7	428.7	410.0	363.3	325.3
400 mg/kg	596.0	415.7	396.7	367.7	329.3	297.0
Control (+)	535.7	498.3	401.7	357.3	354.3	367.7

*Se presenta el valor promedio de las mediciones, con un error estándar promedio máximo de 10.47% y de 1.55% mínimo.

Modelo de Bergman

El modelo de glucosa e insulina es comúnmente usado para analizar resultados de tolerancia de glucosa en humanos y animales de laboratorio, este está descrito por las ecuaciones diferenciales no lineales obtenidas por medio de métodos compartamentales presentadas a continuación.

$$\begin{aligned} \frac{\partial G(t)}{\partial t} &= -[p_1 + x(t)]G(t) + p_1Gb + p(t) \\ \frac{\partial X(t)}{\partial t} &= -p_2X(t) + p_3[I(t) - Ib] \\ \frac{\partial I(t)}{\partial t} &= -n[I(t) - Ib] + u(t) \end{aligned} \quad (1)$$

Dónde las variables que cambian respecto al tiempo son:

G(t): concentración de glucosa en plasma [mg/dl] en el tiempo t [min]; I(t): concentración de insulina en plasma [μ U/ml] en el tiempo t [min]; X(t): efecto de la insulina sobre la desaparición neta de glucosa [min⁻¹]; Y los parámetros que fueron considerados como constantes representan lo siguiente:
Gb: nivel de glucosa basal [mg/dl]; Ib: nivel de insulina basal [μ U/ml]; n: orden de decrecimiento para la insulina en plasma [min⁻¹];

La red se programó a bloques en el entorno de LabView, accediendo a los datos a través de un archivo .mat, el cual contiene el valor de glucemia con su respectiva hora, este entro a la Red Neuronal Diferencial, y se hizo el seguimiento hasta terminar los 6 datos, y obteniendo los valores de la red en comparación al modelo de Bergman.

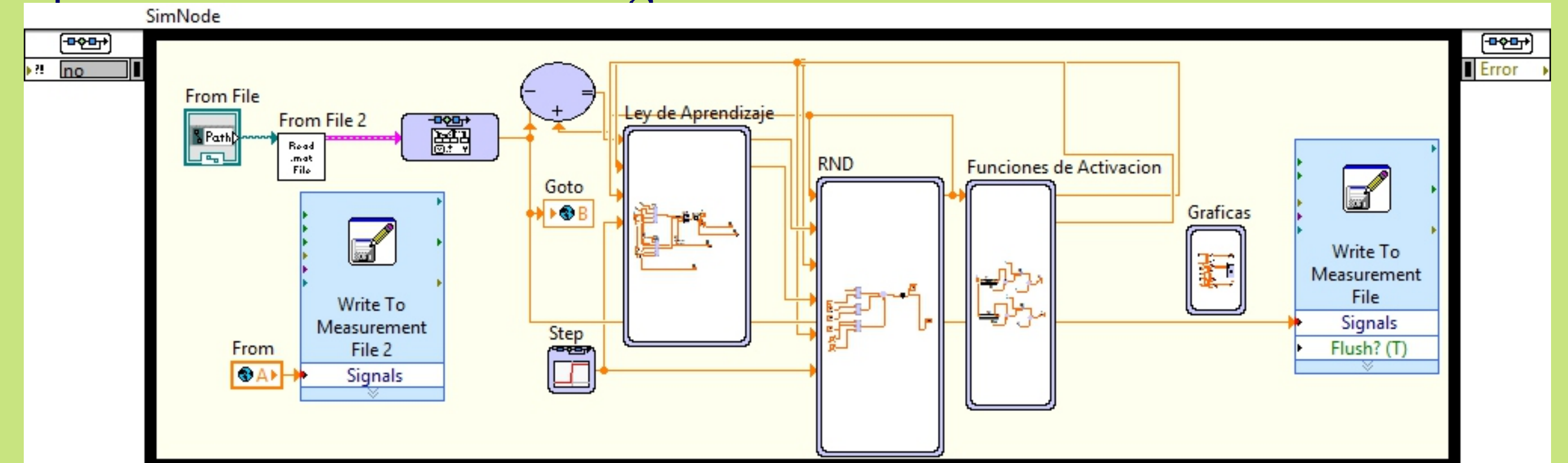
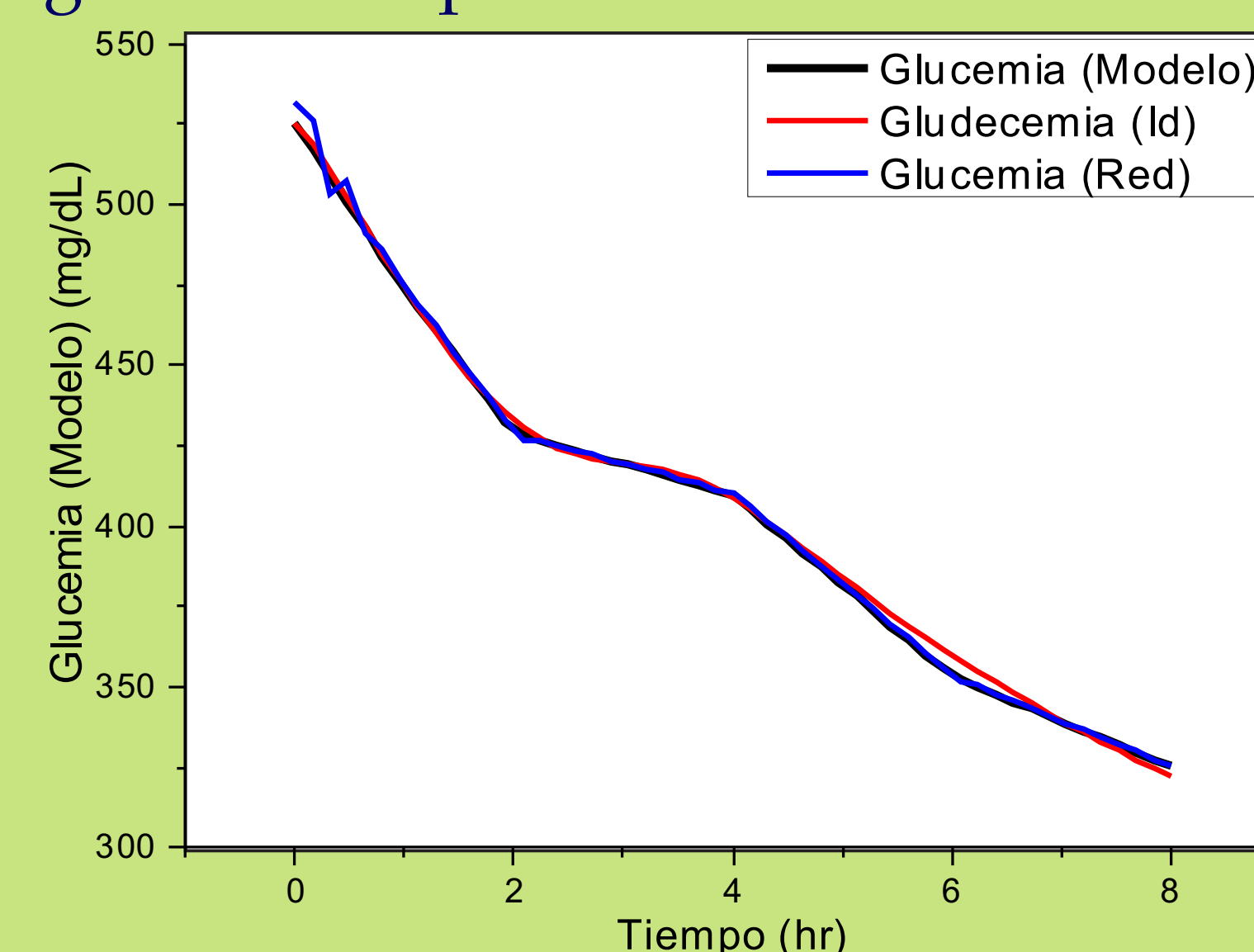


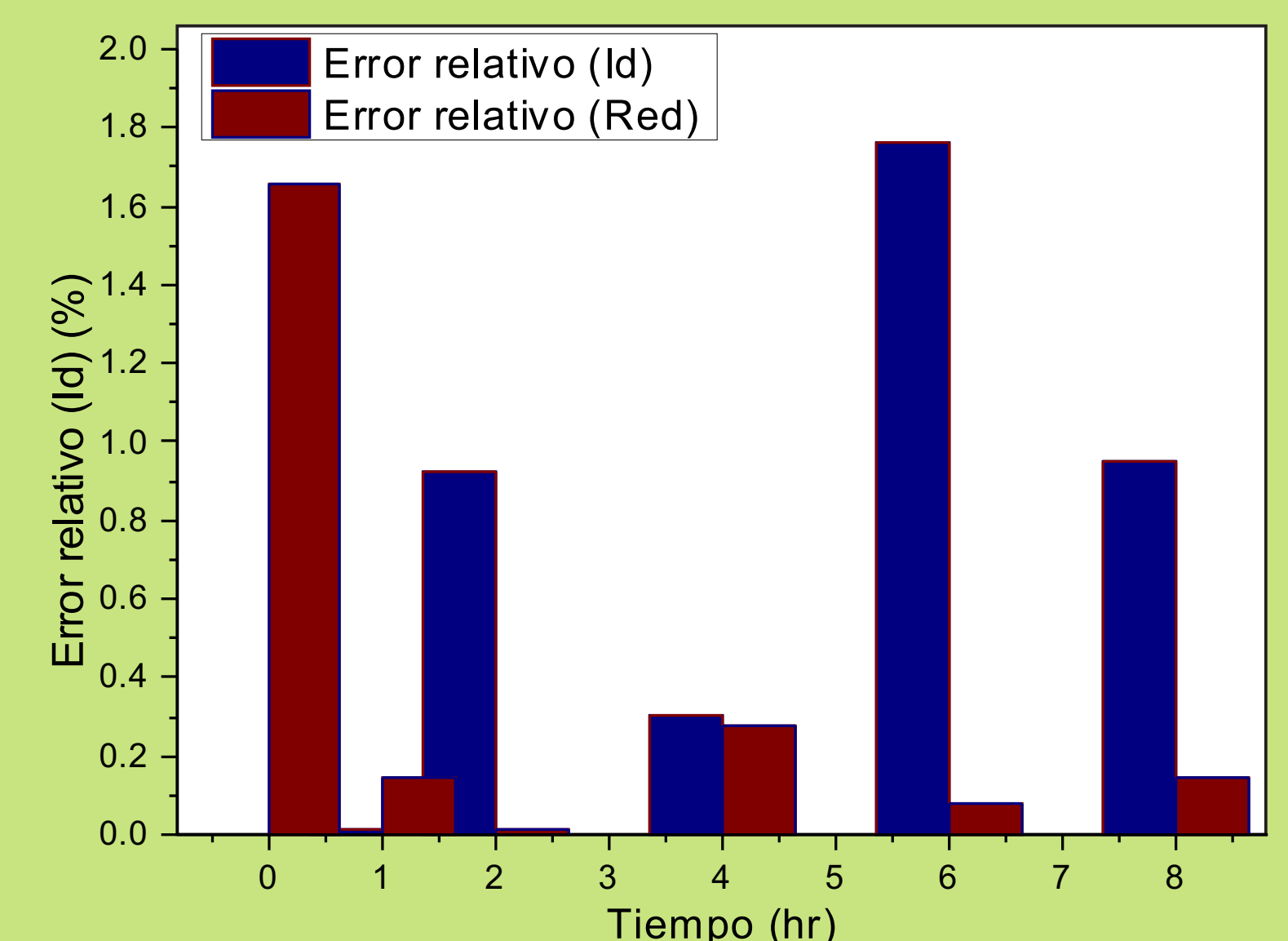
Figura 1. Red Neuronal Diferencial en LabView.

Resultados

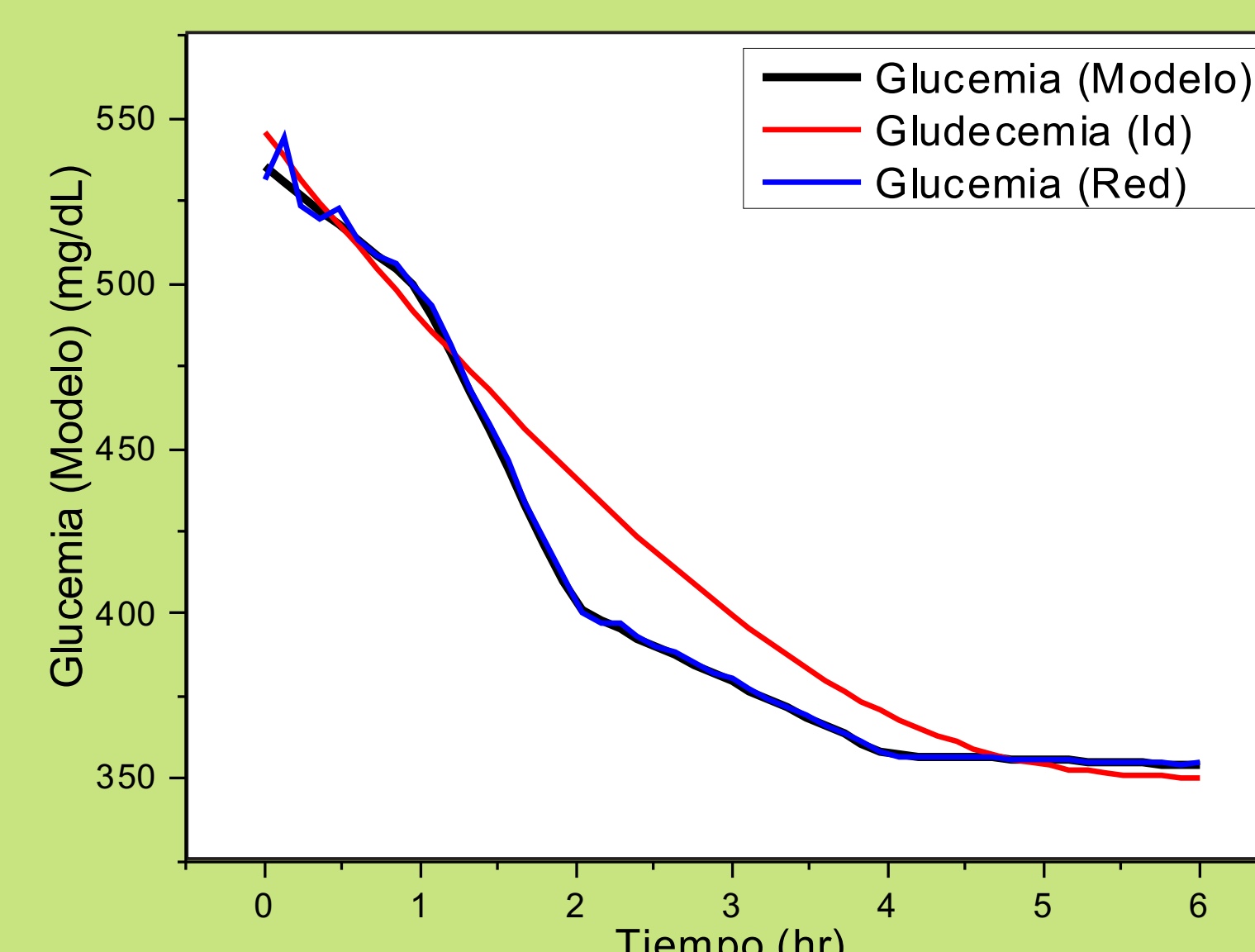
Graficando los datos reales obtenidos de los animales sanos y la identificación del modelo y el seguimiento de la red neuronal diferencial, se obtienen las gráficas 1 y 2. Como se observa en la gráfica 1, donde se estimaron los valores del grupo de animales administrados con una dosis de 200 mg/kg, la recta se ajusta con un error relativo muy pequeño, como se muestra en la gráfica 2. Por igual, con los datos del control positivo del grupo de animales diabéticos se ajustaron los parámetros del modelo para obtener errores relativos más grandes que los grupos tratados con el extracto de la raíz. Y como se muestra en la grafica 3 un poco menos al modelo real de animal diabético.



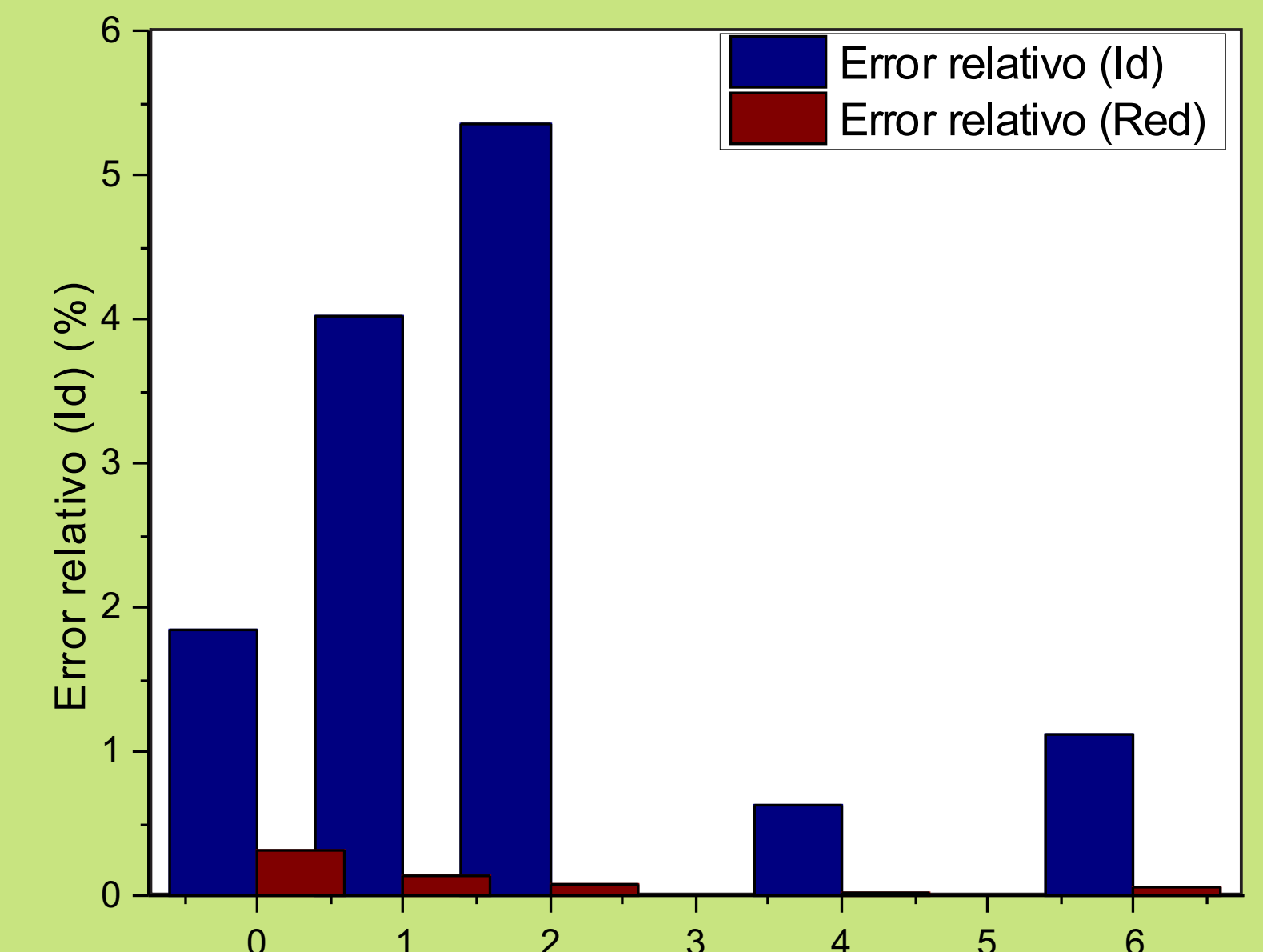
Gráfica 1 Identificación y Red, grupo con dosis de 200 mg/kg, animales diabéticos.



Gráfica 2 Comparación de error relativo (%) entre Identificación y RND, grupo con dosis de 200 mg/kg, animales diabéticos.



Gráfica 4 Identificación y Red, grupo control positivo, animales diabéticos.



Gráfica 4 Comparación de error relativo (%) entre Identificación y RND, grupo de control positivo, animales diabéticos.

Conclusiones

Se compara el error relativo entre la Red Neuronal Diferencial y la Identificación del Modelo de Bergman, obteniendo errores menores tanto en la red, siendo 0.01456% el menor y 7.50933% el mayor, obteniendo los menores en los grupos tratados con el extracto de la raíz a diferencia del control positivo tratado con glibemipirida..

Se comprueba que el extracto de raíz de *Ibervillea sonora* como hipoglucemiante tiene efectos en todos los parámetros, indicando su actividad farmacéutica en base a nuestra descripción y estimación.

Referencias

1. Alberti K, Zimmet P, Defronzo R. (1997) International Textbook of Diabetes Mellitus. Chichester, England. Sec-ond edition.
2. Federación Internacional de Diabetes, (2013) Atlas de la DIABETES de la FID 6a edición. Bruselas, Bélgica ISBN: 2-930229-80-2
3. Andersen K, Højbjerg M, (2003) A Bayesian Approach to Berg-man's Minimal Model, Denmark