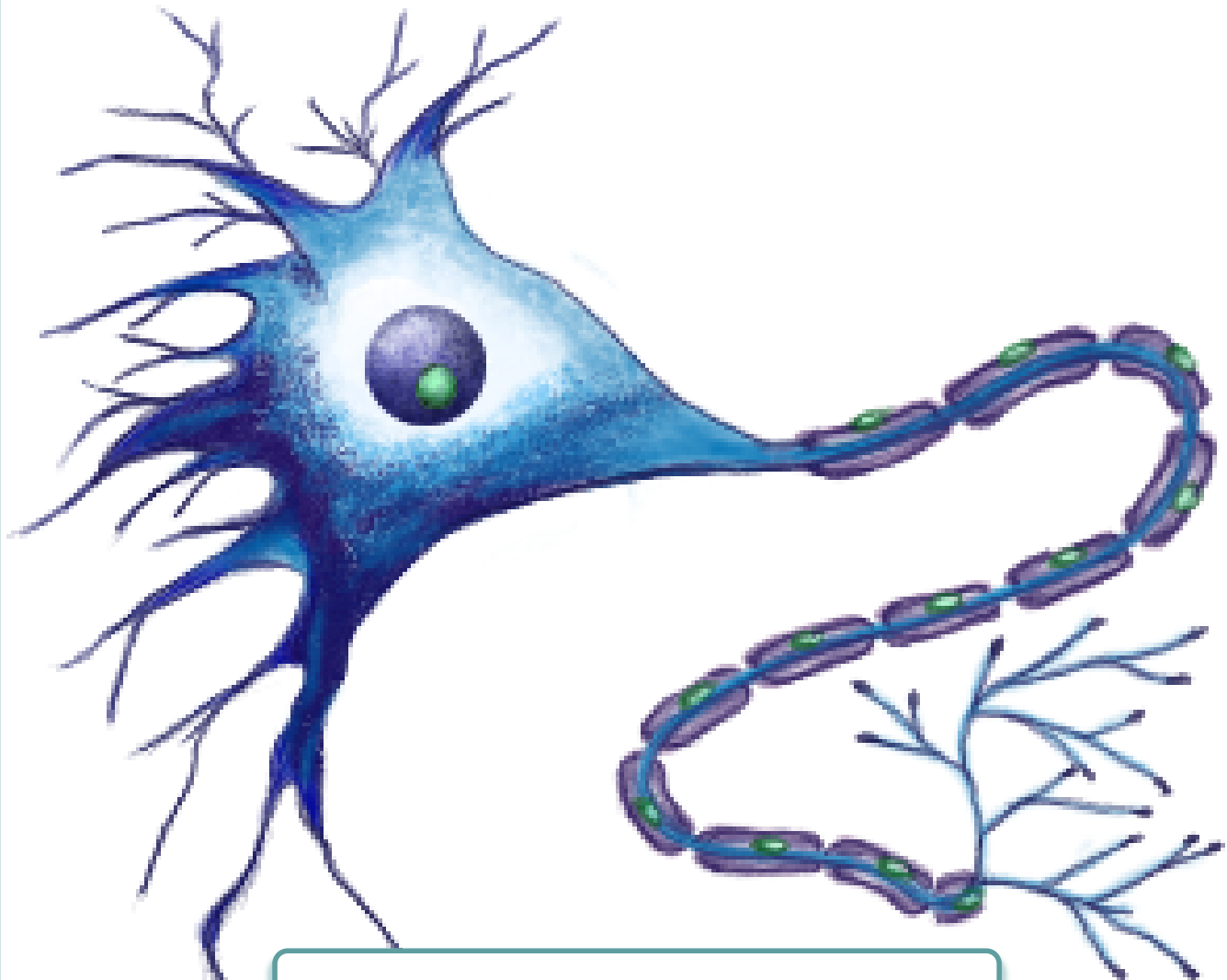


# Redes Neuronales

*Notas de clase*

Karla Fernanda Jiménez Gutiérrez  
Verónica Esther Arriola Ríos



FACULTAD DE CIENCIAS,  
UNAM



# Índice general

Índice general	I
<b>I Antecedentes</b>	<b>2</b>
<b>1 Neurona biológica</b>	<b>3</b>
1.1 Sistema nervioso . . . . .	3
1.2 Neurona biológica . . . . .	3
<b>2 Modelo de Hodgkin-Huxley</b>	<b>4</b>
2.1 Membrana y canal . . . . .	4
2.2 Dinámica del voltaje durante un disparo . . . . .	4
2.3 Simulación usando el método de Euler . . . . .	4
<b>3 Aprendizaje de máquina</b>	<b>5</b>
3.1 Espacio de hipótesis . . . . .	5
3.2 Conjuntos de entrenaiento, validación y prueba . . . . .	5
3.3 Perceptrón . . . . .	5
3.4 Compuertas lógicas con neuronas . . . . .	5
3.5 Funciones de activación . . . . .	5
3.6 Funciones de error: diferencias al cuadrado y entropía cruzada . . . . .	5
3.7 Medidas de rendimiento: . . . . .	5
3.7.1 Matriz de confusión . . . . .	5
3.7.2 Precisión . . . . .	5
3.7.3 Recall . . . . .	5
3.7.4 f score . . . . .	5
<b>II Redes dirigidas acíclicas</b>	<b>6</b>
<b>4 Perceptrón multicapa</b>	<b>7</b>
4.1 XOR . . . . .	7
4.2 Propagación hacia adelante manual . . . . .	7
4.3 Propagación hacia adelante vectorizada (con matrices) . . . . .	7
4.4 Interpretación matemática del mapeo no lineal . . . . .	7

4.5	Propagación hacia adelante para el perceptrón multicapa . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Entrenamiento por retropropagación</b>	<b>8</b>
5.1	Función de error . . . . .	8
5.2	Gradiente de la función de error . . . . .	8
5.3	Descenso por el gradiente . . . . .	8
5.4	Otros algoritmos de optimización . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Optimización del entrenamiento</b>	<b>9</b>
6.1	Problemas en redes profundas . . . . .	9
6.2	Gradiente desvaneciente (o que explota) . . . . .	9
6.3	Entrenamiento en línea vs en lotes . . . . .	9
6.4	Normalización y normalización por lotes . . . . .	9
6.5	Regularización . . . . .	9
<b>7</b>	<b>Caso de análisis e interpretación</b>	<b>10</b>
7.1	Red Hinton árbol familiar con numpy (entrenamiento) . . . . .	10
7.2	Red Hinton árbol familiar con pytorch . . . . .	10
<b>8</b>	<b>Entrenamiento con genéticos</b>	<b>11</b>
8.1	Algoritmos genéticos . . . . .	11
8.2	Neuroevolución . . . . .	11
8.2.1	Antecedentes: Aprendizaje por refuerzo en videojuegos . . . . .	11
8.2.2	Arquitectura para estimar la función de recompensa . . . . .	11
8.2.3	Entrenamiento . . . . .	11
<b>9</b>	<b>Mapeos autoorganizados</b>	<b>12</b>
9.1	Aprendizaje no supervisado . . . . .	12
9.2	Mapeos autoo-organizados . . . . .	12
9.3	Kohonen . . . . .	12
<b>10</b>	<b>Redes Neuronales Convolucionales</b>	<b>13</b>
10.1	Convolución . . . . .	13
10.2	Redes Convolucionales . . . . .	13
10.3	Softmax . . . . .	13
10.4	MNIST . . . . .	13
<b>III</b>	<b>Redes con ciclos</b>	<b>14</b>
<b>11</b>	<b>Redes Neuronales Recurrentes</b>	<b>15</b>
11.1	Derivadas ordenadas . . . . .	15
11.2	Retropropagación en el tiempo . . . . .	15
11.3	Sistemas dinámicos y despliegue del grafo . . . . .	15
11.4	Arquitectura recurrente universal . . . . .	15

11.5	Función de error . . . . .	15
11.6	Forzamiento del profesor . . . . .	15
<b>12</b>	<b>Atención</b>	<b>16</b>
<b>13</b>	<b>LSTM</b>	<b>17</b>
<b>14</b>	<b>GRU</b>	<b>18</b>
<b>15</b>	<b>Casos de análisis: etiquetado de palabras y conjugación de verbos</b>	<b>19</b>
<b>IV</b>	<b>Redes no dirigidas</b>	<b>20</b>
<b>16</b>	<b>Redes de hopfield</b>	<b>21</b>
16.1	Entrenamiento . . . . .	21
<b>17</b>	<b>Máquinas de Boltzman</b>	<b>22</b>
17.1	Entrenamiento . . . . .	22
17.1.1	Partículas y partículas de fantasía . . . . .	22
17.1.2	Máquinas de Boltzman Restringidas . . . . .	22
<b>18</b>	<b>Redes adversarias</b>	<b>23</b>
18.1	GANs . . . . .	23
<b>A</b>	<b>Ecuaciones diferenciales</b>	<b>24</b>



# Etc

A lo largo del texto se utilizará la siguiente notación para diversos elementos:

Conjuntos	$C$
Vectores	$x$
Matrices	$M$
Unidades	cm

# Parte I

## **Antecedentes**



# 1 | **Neurona biológica**

Sistema nervioso

Neurona biológica

## 2 | Modelo de Hodgkin-Huxley

Membrana y canal

Dinámica del voltaje durante un disparo

Simulación usando el método de Euler

## 3 | Aprendizaje de máquina

Espacio de hipótesis

Conjuntos de entrenamiento, validación y prueba

Perceptrón

Compuertas lógicas con neuronas

Funciones de activación

Funciones de error: diferencias al cuadrado y entropía cruzada

Medidas de rendimiento:

Matriz de confusión

Precisión

Recall

f score

## Parte II

# Redes dirigidas acíclicas

## 4 | Perceptrón multicapa

### XOR

Propagación hacia adelante manual

Propagación hacia adelante vectorizada (con matrices)

Interpretación matemática del mapeo no lineal

Propagación hacia adelante para el perceptrón multicapa

## 5 | Entrenamiento por retropropagación

**Función de error**

**Gradiente de la función de error**

**Descenso por el gradiente**

**Otros algoritmos de optimización**

## 6 | Optimización del entrenamiento

Problemas en redes profundas

Gradiente desvaneciente (o que explota)

Entrenamiento en línea vs en lotes

Normalización y normalización por lotes

Regularización

## 7 | Caso de análisis e interpretación

**Red Hinton árbol familiar con numpy (entrenamiento)**

**Red Hinton árbol familiar con pytorch**



## 8 | Entrenamiento con genéticos

Algoritmos genéticos

Neuroevolución

Antecedentes: Aprendizaje por refuerzo en videojuegos

Arquitectura para estimar la función de recompensa

Entrenamiento

## 9 | Mapeos autoorganizados

Aprendizaje no supervisado

Mapeos autoo-organizados

Kohonen

# 10 | Redes Neuronales Convolucionales

Convolución

Redes Convolucionales

Softmax

MNIST

## Parte III

# Redes con ciclos

# 11 | Redes Neuronales Recurrentes

Derivadas ordenadas

Retropropagación en el tiempo

Sistemas dinámicos y despliegue del grafo

Arquitectura recurrente universal

Función de error

Forzamiento del profesor

## 12 | Atención

## 13 | LSTM

## 14 | GRU



## 15 | Casos de análisis: etiquetado de palabras y conjugación de verbos

## Parte IV

# Redes no dirigidas

# 16 | Redes de hopfield

## Entrenamiento

# 17 | Máquinas de Boltzman

## Entrenamiento

Partículas y partículas de fantasía

Máquinas de Boltzman Restringidas

# 18 | Redes adversarias

GANs

# A | Ecuaciones diferenciales