

Elaborado por: Pasante de Ingeniería Bioquímica Vargas Carreño Leonardo Augusto

1. Introducción

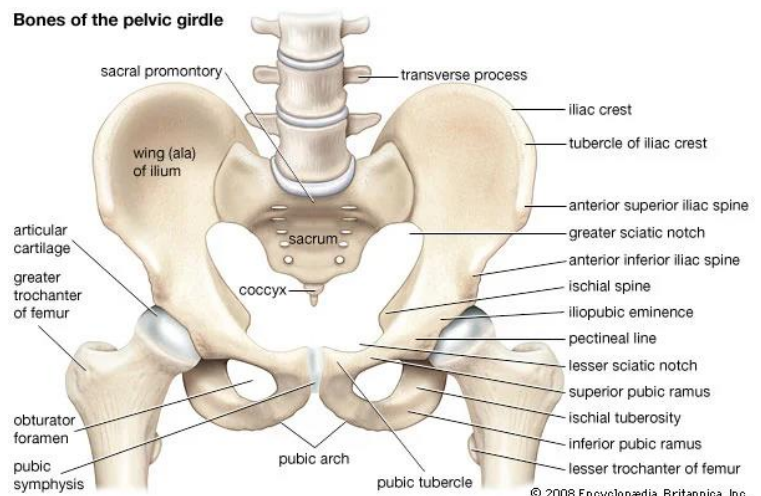
En el archivo PRACTICA_02_TIPOS_REGRESIONES.ipynb se podrán observar las variantes que hay del algoritmo de Regresión lineal. Las variantes de Regresión lineal son las siguientes:

- ❖ Regresión Lineal Simple
- ❖ Multiple Regresión Lineal
- ❖ Regresión Polinomial
- ❖ Regresión Lineal Avanzado

Por cuestiones prácticas se realizaron las variantes de Regresión Lineal al Dataset con datos de problemas biomecánicos en el cuerpo humano. (TEAM, 2018) El código de los algoritmos de regresiones lineales aplicados en el DataSet se puede observar en el archivo PRACTICA_02_REGRESION_LINEAL.ipynb.

2. Breve Descripción de los Conceptos que se emplean en el DataSet.

2.1. Pelvis: También llamada pelvis ósea o cintura pélvica, en anatomía humana, complejo de huesos en forma de cuenca que conecta el tronco y las piernas, sostiene y equilibra el tronco, y contiene y sostiene los intestinos, la vejiga urinaria y los órganos sexuales internos. La pelvis consta de pares de huesos de la cadera, conectados por delante por la sínfisis del pubis y por detrás por el



sacro; cada uno está formado por tres huesos: el ilion en forma de cuchilla, arriba y a cada lado, que representa el ancho de las caderas; el isquion, detrás y debajo, sobre el que recae el peso al sentarse; y el pubis, al frente. Los tres se unen en la edad adulta temprana en una sutura triangular en el acetábulo, la cavidad en forma de copa que forma la articulación de la cadera con la cabeza del fémur (hueso del muslo). El anillo formado por la pelvis funciona como canal de parto en las mujeres. La pelvis proporciona inserción a los músculos que equilibran y sostienen el tronco y mueven las piernas, las caderas y el tronco. En el bebé humano, la pelvis es estrecha y no brinda apoyo. A medida que el niño comienza a caminar,

Elaborado por: Pasante de Ingeniería Bioquímica Vargas Carreño Leonardo Augusto
la pelvis se ensancha y se inclina, el sacro desciende más profundamente en su articulación con los iliacos y se desarrolla la curva lumbar de la espalda baja. (Abella, et al., 2023)

- 2.2. Incidencia Pélvica (Pelvic Incidence): La incidencia pélvica varía durante el crecimiento a la movilidad de la articulación sacroilíaca. El ángulo de incidencia pélvica (IP), descrito por Duval-Beaupere, es el ángulo morfológico que considera la pelvis. Está formado por una línea perpendicular a la plataforma del sacro que inicia en la mitad del mismo hacia distal y una segunda línea que va del centro de las cabezas femorales (CCF) a la mitad de la plataforma del sacro.

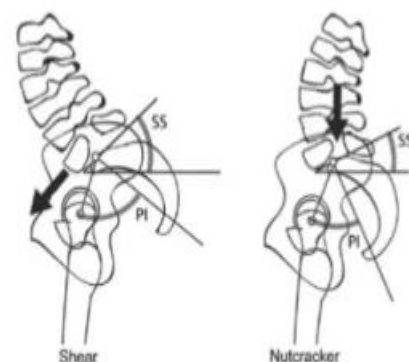
La incidencia puede variar de un individuo a otro. Cuando está aumentando, se le asocia a una lordosis lumbar pronunciada, así como a una cifosis torácica y una lordosis cervical superiores a lo normal (tipo dinámico), que corresponde a curvas en la columna de perfil muy acentuadas. Por el contrario, un ángulo menor de lo normal se asocia a curvas en columna vertebral poco pronunciadas (tipo estático). (Contemporánea, Neurocirugía Contemporánea, 2019)

• EPL **cizallante**

- IP muy aumentada ($>60^\circ$)
- Mayor estrés por **tensión** de la Pars
- Riesgo de progresión

• EPL tipo **"Nutcracker"**

- IP muy baja ($<45^\circ$)
- Sacral slope bajo
- Sobrecarga de tipo **compresivo** de la Pars



Labelle H. Eur Spine J 2011; 20(5):S641-6

Imagen de Incidencia pélvica, imagen obtenida
<http://image.slidesharecdn.com/espondilolistesis-140507165603-phpapp01/95/espondilolistesis-35-638.jpg?cb=1399481854>

- 2.3. Inclinación Pélvica (Pelvic Tilt): En particular la inclinación de la pelvis en el plano sagital, que se define como la rotación de la pelvis en torno al eje transversal que atraviesa el centro de ambas articulaciones coxofemorales, ha demostrado utilidad a la hora de valorar la postura. La inclinación de la pelvis se considera positiva si las espinas ilíacas anteriores superiores (EIAS) van hacia abajo y negativa si van hacia arriba. En una radiografía lateral de la pelvis, la inclinación de la pelvis se puede medir fácilmente como el ángulo entre una línea que une la sínfisis del promontorio sacro. Una inclinación pélvica neutra se define por una inclinación pélvica del 60° . (Contemporánea, Neurocirugía Contemporánea, 2019)

Elaborado por: Pasante de Ingeniería Bioquímica Vargas Carreño Leonardo Augusto

- 2.4. Lordosis lumbar (Lumbar Lordosis): es una curvatura normal hacia adentro de la columna vertebral en la región lumbar (parte baja de la espalda). Esta curvatura es necesaria para mantener el equilibrio del cuerpo y absorber los impactos al caminar, correr y realizar otras actividades físicas.

Si la curvatura lumbar se vuelve excesiva, se puede producir una hiperlordosis lumbar, lo que puede provocar dolor lumbar y otros problemas de salud. Existen dos clases de Lordosis Lumbar, son las siguientes:

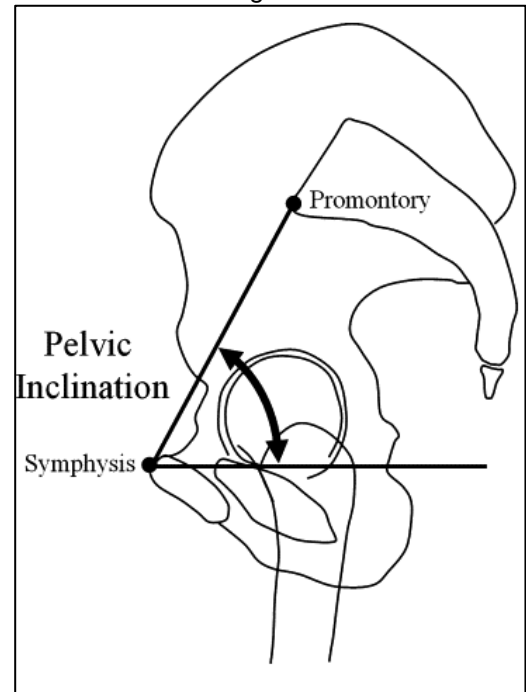


Imagen Inclinación Pélvica, imagen obtenida [inclinacion_pelvica \[Neurocirugía Contemporánea\] \(neurocirugiacontemporanea.com\)](http://neurocirugiacontemporanea.com)

- 2.4.1. Hiperlordosis Lumbar: es una condición que puede ocurrir cuando la región lumbar (espalda baja) existen experiencias de estrés o peso extra que puede originar que se arque mas de lo normal, en algunas ocasiones se ve acompañada de dolor o espasmos musculares.
- 2.4.2. Hipolordosis Lumbar: es menos común que la hiperlordosis lumbar, ocurre cuando se observa una menor curvatura en la región lumbar o un aplanamiento de la espalda baja. (Wikipedia, Wikipedia, 2023)
- 2.5. Pendiente Sacra (Sacral Slope): es un parámetro de posición dependiente al ángulo y la línea paralela entre la placa terminal del sacro y una línea horizontal. Existen cuatro tipos de este padecimiento:
- 2.5.1. Tipo 1 Lordosis: la pendiente sacra es menor que 35 grados; el vértice de la lordosis está centrado en el medio del cuerpo L5; el arco inferior de lordosis es mínimo y disminuye hacia cero a medida que la pendiente sacra se acerca a la horizontal; el punto de inflexión (transición entre la cifosis superior y la lordosis lumbar) es bajo y posterior creando una lordosis corta con un ángulo de inclinación de la lordosis negativo; la parte superior de la columna tiene una cifosis significativa de la unión toracolumbar y el tórax
- 2.5.2. Tipo 2 Lordosis: la pendiente sacra es menor que 35 grados; el vértice de la lordosis se encuentra en la base del cuerpo L4; el arco inferior de la lordosis es relativamente plano; el

Elaborado por: Pasante de Ingeniería Bioquímica Vargas Carreño Leonardo Augusto
punto de inflexión es más alto y más anterior disminuyendo el ángulo de inclinación de la lordosis, pero aumentando el número de cuerpos vertebrales incluidos en la lordosis; toda la columna es relativamente hipolordósica e hipocifótica.

- 2.5.3. Tipo 3 Lordosis: la pendiente sacra esta entre 35 a 45 grados; el vértice de la lordosis lumbar está en el centro del cuerpo de L4; el arco inferior de la lordosis es más prominente; el punto de inflexión está en la unión toracolumbar y el ángulo de inclinación de la lordosis es casi cero; un promedio de cuatro vértebras constituye el arco de la lordosis. La columna está bien equilibrada.
- 2.5.4. Tipo 4 Lordosis: la pendiente sacra es mayor a 45 grados; el vértice de la lordosis se encuentra en la base de la vértebra L3 o más arriba; el arco inferior de la lordosis es prominente y el ángulo de inclinación de la lordosis es cero o positivo; el número de vértebras en orientación lordótica es mayor que 5; existe un estado de hiperextensión segmentaria. (Key, 2010)
- 2.6. Radio Pélvico (Pelvic Radius): es una técnica que esta basada en las mediciones de la Incidencia Pélvica y la Pendiente Sacra. El fundamento esta entre la posición anatómica y la orientación del sacro con respecto a la pelvis y las curvaturas espinales que estas puedan originar. (I.G., Sergides; F. McCombe, Peter; White, G.; Mokhtar, Sabarul; R. Sears, William;, 2011)
- 2.7. Grado de Espondilolistesis (Degree Spondylolisthesis): es una condición que ocurre cuando una de vertebrales del cuerpo se desliza con respecto a la adyacente del cuerpo vertebral causando radicular o síntomas biomecánicos o dolor. Se clasifica según el grado de deslizamiento de un cuerpo vertebral sobre el cuerpo vertebral adyacente. Cualquier proceso patológico que pueda debilitar los soportes que mantienen alineados los cuerpos vertebrales puede permitir que se produzca una espondilolistesis. (Tenny & C. Gillis, 2023)

3. Regresiones Lineales en el Dataset.

De acuerdo con las definiciones previas se pueden definir cuáles son las variables dependientes y las variables independientes del Dataset Biomechanical Column.

Variables Independientes (X)	Variables Dependientes (Y)
<ul style="list-style-type: none"> • Pelvic Incidence • Pelvic Tilt Numeric • Lumbar Lordosis Angle 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Pelvic Radius ❖ Degree Spondylolisthesis ❖ Sacral Slope

Elaborado por: Pasante de Ingeniería Bioquímica Vargas Carreño Leonardo Augusto

Vamos a emplear dos dataset de Biomechanical columna; el de terminación 2C se va a emplear para los algoritmos de regresión lineal y el de terminación 3C para realizar las predicciones de la variable dependiente.

```
data= pd.read_csv("archivo_csv/BIOMECHANICAL_column_2C_weka.csv") #Dataset para los algoritmos

data_prueba= pd.read_csv("archivo_csv/BIOMECHANICAL_column_3C_weka.csv") # Dataset para realizar las predicciones
```

Primero analizaremos el dataframe "data" con los siguientes códigos:

Input: data.info()

Output:

```
<class 'pandas.core.frame.DataFrame'>
RangeIndex: 310 entries, 0 to 309
Data columns (total 7 columns):
#   Column                                Non-Null Count  Dtype
---  -
0   pelvic_incidence                      310 non-null    float64
1   pelvic_tilt numeric                    310 non-null    float64
2   lumbar_lordosis_angle                 310 non-null    float64
3   sacral_slope                         310 non-null    float64
4   pelvic_radius                        310 non-null    float64
5   degree_spondylolisthesis             310 non-null    float64
6   class                                310 non-null    object
dtypes: float64(6), object(1)
memory usage: 17.1+ KB
```

Tenemos un total de 310 datos por columna de las cuales seis columnas contienen datos del tipo float y solo una columna tiene datos del tipo object. Para los algoritmos que vamos a emplear no es necesario emplear la última columna por el tipo de datos que contiene, por lo que, se va a quitar la columna completa del dataframe.

```
data_NON_class= data.drop(["class"], axis=1)
```

Proseguiremos a realizar la correlación de datos para así tener una idea con que datos podremos trabajar, se empleara el siguiente código:

Input: data_NON_class.corr()

Elaborado por: Pasante de Ingeniería Bioquímica Vargas Carreño Leonardo Augusto

Output:

	pelvic_incidence	pelvic_tilt numeric	lumbar_lordosis_angle	sacral_slope	pelvic_radius	degree_spondylolisthesis
pelvic_incidence	1.000000	0.629199	0.717282	0.814960	-0.247467	0.638743
pelvic_tilt numeric	0.629199	1.000000	0.432764	0.062345	0.032668	0.397862
lumbar_lordosis_angle	0.717282	0.432764	1.000000	0.598387	-0.080344	0.533667
sacral_slope	0.814960	0.062345	0.598387	1.000000	-0.342128	0.523557
pelvic_radius	-0.247467	0.032668	-0.080344	-0.342128	1.000000	-0.026065
degree_spondylolisthesis	0.638743	0.397862	0.533667	0.523557	-0.026065	1.000000

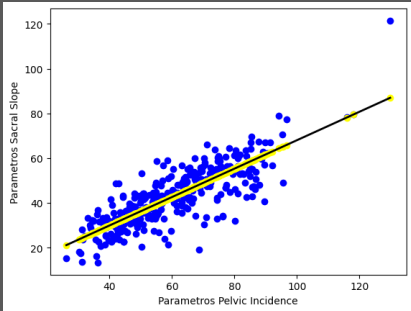
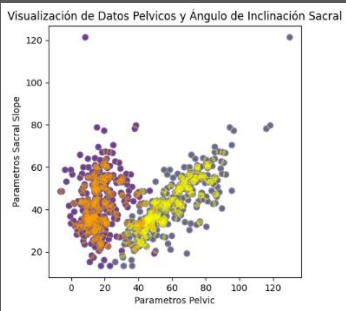
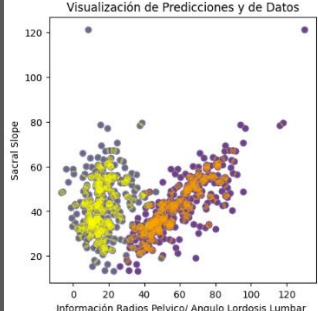
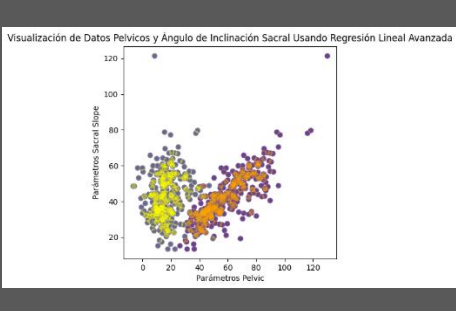
Variables
Independientes

Variables
Dependientes

Es importante definir que variables se van a emplear como Independientes y como Dependientes, si bien de acuerdo con las correlaciones podemos relacionar unas con otras para así definir las variables. De acuerdo con la bibliografía previamente consultada Pelvic_radius, sacral_slope y degree_spondylolisthesis son datos que van a variar de acuerdo con los problemas ya sea pélvico o lumbar. Partiendo de esto mismo podemos observar que sacral_slope tiene la mejor correlación en comparación con Pelvic Radius y degree_spondylolisthesis por lo que para esta práctica en específico se empleara sacral_slope como variable dependiente; Se usaran los problemas biomecánicos para elaborar los algoritmos de regresión lineal.

Todos los códigos de los algoritmos de regresión lineal se pueden observar en el archivo PRACTICA_02_REGRESION_LINEAL.ipynb.

Algoritmos de Regresión

Resultados	Lineal Simple	Múltiple Lineal	Polinomial	Lineal Avanzado
R^2	0.664159783972475	1.0	1.0	1.000
Ecuación Recta	$Y = [0.63465775]X + 4.55916136615285$	$Y = [1. -1.]X + -7.766445264678623e-10$	$Y = X[1. -1.] + -7.766445264678623e-10$	
Primeras 4 Predicciones Sacral Slope	44.56025417, 29.34695797, 48.24393689, 48.53904455	40.47523153, 28.99595951, 46.61353893, 44.64413016	40.47523153, 28.99595951, 46.61353893, 44.64413016	40.47523153, 28.99595951, 46.61353893, 44.64413016
Gráfica Regresión Lineal				
Datos Sacral Slope del DataSet que se empleo para las predicciones				
Primeros 4 Datos Sacral Slope	40.475232, 28.995960, 46.613539, 44.644130			

Cálculo de Errores Verdaderos en Porcentaje de los primeros cuatro datos

E RLS	E RML	E RP	E RLA
10.092648	1.421077e-10	1.421077e-10	1.421428e-10
1.210508	1.388667e-09	1.388667e-09	1.388618e-09
3.497692	9.935563e-11	9.935563e-11	9.937087e-11
8.724359	2.209636e-08	2.209636e-08	2.209631e-08

El cálculo de los errores nos puede proporcionar información sobre la exactitud y sensibilidad de los algoritmos de regresión lineal para el Dataset de Biomechanical Column, como podemos observar la regresión lineal simple no es la mejor opción para predecir la desviación del sacro (sacro slope). Se requieren más de dos padecimientos para realizar las predicciones, como podemos observar con los resultados a partir de la regresión múltiple lineal hasta la regresión lineal avanzada en donde obtenemos resultados de errores verdaderos mínimos y los resultados obtenidos en las predicciones son parecidos a los valores del dataset que se empleo para realizar las comparaciones. Para este dataset se pueden observa esta tendencia debido a que para Sacral Slope se requiere más de un problema pélvico o lumbar así mismo veríamos la misma tendencia si quisiéramos realizar las predicciones para pelvic_radius y degree_spondylolisthesis.

4. Conclusiones.

- ✓ Se realizaron predicciones de una variable Dependiente empleando diferentes tipos de Algoritmos de Regresión Lineal.
- ✓ Se aplicaron los diferentes tipos de Algoritmos de Regresión Lineal empleando un dataset con 310 datos.
- ✓ No soy medico o biomédico que pueda realizar más afondo el estudio de estos datos, intente interpretar los datos de acuerdo con los conceptos básico para así poder definir el cómo se van a emplear los algoritmos. Si hay un método más preciso pueden agregar otro archivo de programación a la carpeta o hacérmelo llegar vía correo electrónico.

Bibliografía

- Abella, J., Anderson, M., Anderson, M., Ascierto, J., Ashburn, D., Augustyn, A., . . . Lotha, G. (03 de July de 2023). *Britannica*. Obtenido de Pelvis "Anatomy": <https://www.britannica.com/science/pelvis>
- Contemporánea, N. (26 de Septiembre de 2019). *Neurocirugía Contemporánea*. Obtenido de Incidencia Pélvica: http://www.neurocirugiacontemporanea.com/doku.php?id=incidencia_pelvica
- Contemporánea, N. (26 de Septiembre de 2019). *Neurocirugía Contemporánea*. Obtenido de Inclínación Pélvica: http://www.neurocirugiacontemporanea.com/doku.php?id=inclinacion_pelvica
- I.G., Sergides; F. McCombe, Peter; White, G.; Mokhtar, Sabarul; R. Sears, William;. (2011). Lumbo-pelvic lordosis and the pelvic radius technique in the assessment of spinal sagittal balance: strengths and caveats. *NIH "National Library of Medicine"*, 591-601.
- Key, J. (2010). The two primary patterns of torso dysfunction. *Science Direct*.
- TEAM, D. (24 de July de 2018). *Kaggle*. Obtenido de Machine Learning Tutorial for Begginers: <https://www.kaggle.com/code/kanncaa1/machine-learning-tutorial-for-beginners/notebook>
- Tenny, S., & C. Gillis, C. (2023). Spondylolisthesis. *NIH "National Library of Medicine"*.
- Wikipedia. (03 de Septiembre de 2023). *Wikipedia*. Obtenido de Lordosis: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lordosis>