



APRENDIZAJE NO SUPERVIZADO EN LA SEGMENTACIÓN DE LAS VARIABLES AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE *RAPHANUS SATIVUS* (RÁBANO)

Aurora Rosa Neciosup Obando ¹, José Alfredo Cruz Monzón ², Luzbeth Lindsay Villanueva Montoya ³

¹ Departamento Académico de Estadística de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú

² Departamento Académico de Ingeniería Química de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú

³ Escuela Académico Profesional de Estadística de la UNT, Trujillo-La Libertad, Perú

RESUMEN

La presente investigación con diseño no experimental, transeccional, tuvo como objetivo determinar la mejor segmentación de las variables agronómicas del cultivo de *Raphanus Sativus* (rábano). La simulación de los datos se realizó a partir de datos secundarios correspondientes a una investigación experimental, referida al cultivo de rábanos que presenta la dificultad de asimilación de los nutrientes por tener un ciclo de vida corto (35 días), debido a que los fertilizantes químicos no se solubilizan rápidamente para que la planta absorba los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo, es por ello que se realizó un diseño anidado con dos factores F1: tipo de fertilización, F2: tratamientos; y 5 repeticiones por tratamiento, en donde se concluyó que dentro de las tres condiciones de fertilización, la condición orgánica sobresalió con el tratamiento P1: lombricomposta de cabra y borrego; también el tratamiento P2: Lombricomposta de bovino con humus liquido de lombriz, en las diferentes variables agronómicas del cultivo de rábano. De acuerdo a los resultados obtenidos en las segmentaciones de las variables agronómicas comparando cada condición de fertilización y tratamiento, dio como resultado que las segmentaciones con mejores resultados fueron las de fertilización orgánica en sus dos tratamientos: P1: lombricomposta de cabra y borrego; P2: Lombricomposta de bovino con humus liquido de lombriz.

Palabra clave: Segmentación con python, condiciones de fertilización, rábano

ABSTRACT

The present research with a non-experimental, cross-sectional design, aimed to determine the best segmentation of the agronomic variables of the *Raphanus Sativus* (radish) crop. The simulation of the data was carried out from secondary data corresponding to an experimental investigation, referring to the cultivation of radishes that presents the difficulty of assimilating nutrients due to having a short life cycle (35 days), due to the fact that chemical fertilizers they do not dissolve quickly so that the plant absorbs the nutrients necessary for its growth and development, which is why a nested design was made with two factors F1: type of fertilization, F2: treatments; and 5 repetitions per treatment, where it was concluded that within the three fertilization conditions, the organic condition stood out with treatment P1: goat and sheep vermicompost; also treatment P2: bovine worm compost with liquid earthworm humus, in the different agronomic variables of radish cultivation. According to the results obtained in the segmentations of the agronomic variables comparing each fertilization and treatment condition, it resulted that the segmentations with the best results were those of organic fertilization in its two treatments: P1: goat and sheep vermicompost; P2: Bovine vermicompost with liquid earthworm humus.

Keyword: Python segmentation, fertilization conditions, radish

*Autor correspondiente e-mail: aneciosup@unitru.edu.pe (A. Neciosup).

1. INTRODUCCIÓN

Los abonos orgánicos que se emplean actualmente, proporcionan muchos beneficios para el suelo, aumentando la retención de humedad y la asimilación de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas (López J. et al., 2001).

El *Raphanus Sativus* (rábano), de origen Asiático, tiene una raíz picante y fibrosa, de propiedades beneficiosas, principalmente protege el sistema hepático, contienen bajas calorías y muchos nutrientes; sin embargo su cultivo presenta ciertas dificultades en cuanto a la asimilación de los nutrientes debido al poco tiempo de su cultivo (35 días), ésta planta necesita bastante humedad, el pH de los suelos debe ser de 5.5 como mínimo, profundos y libre de material que impida su crecimiento. Por lo que se hace necesario realizar investigaciones para establecer mejores condiciones para su cultivo.

Castro et al. (1996), realizaron una investigación cuyo objeto de estudio era determinar una solución con los nutrientes necesarios y cuanto influyen 2 sustratos diferentes sobre las raíces de las plantas para que puedan producir una gran cantidad de nuevas plantas genéticamente idénticas, utilizando una técnica en laboratorio para mantener organismos vivos bajo condiciones controladas de *Gypsophila paniculata L.* para las etapas de establecimiento y proliferación, obteniéndose que el sustrato arena y turba tuvo mejores resultados que la arena sola en el número promedio de raíces por planta.

Jahn et al. (2004), llevaron a cabo una investigación cuyo objeto de estudio fue obtener la tasa de secado de alfalfa, para esto se simuló las diferentes temperaturas, ventilaciones y densidades en laboratorio. Los pastizales de alfalfa se cortaron a mano y las muestras se pusieron en un horno, con y sin ventilación forzada. Se estudió dieciocho tratamientos en 4 repeticiones, midiendo cada 3 horas durante el día con un total de 53 horas en estudio, empleándose seis hornos. En conclusión, se obtuvo un aumento en la densidad de alimentación con una disminución en la tasa de secado y, aumentó con el aumento de la temperatura y la ventilación. Estos resultados son muy útiles para simular y obtener diferentes factores climáticos.

Chávez et al. (2010), desarrolló un estudio para determinar que variables en el maíz son más resistentes a plagas y con mayor crecimiento de la planta. Utilizó el análisis de clusters obteniéndose 4 grupos de variables de maíz de igual características, siendo los caracteres más importantes las longitudes de las mazorcas y del grano, con un peso de 100 gr.

Ochoa & Mendoza (2015), en su estudio obtuvieron mejoras en el rábano con el tratamiento Compost, procesando y analizando su información con el programa estadístico SAS con los valores medios de las variables tanto en los tratamientos como para las repeticiones y, estadísticamente realizó el Análisis de varianzas y prueba post ANVA de

comparación entre parejas de Tukey; concluyendo que el compostaje tenía mejores resultados porque además de mejorar la textura del suelo, absorbe el aire y la porosidad, permitiendo también que el suelo tenga la mayor capacidad de retención de agua.

Aracena (2015), realizó un estudio sobre el cultivo de quinua con 3 técnicas de siembra y desarrollo. Desde ese enfoque realizó el ensayo en una parcela de 364 m² con un diseño anidado comparando tres técnicas de siembra: trasplante, chorrillo y por golpe en donde concluyo que el trasplante comparado con la siembra a chorrillo, si bien presenta plantas y panojas más grandes y ramificadas resulto siendo no significativa en la producción ya que se debió aumentar el costo a la hora de la siembra.

Según Gómez (2011), indica que uno de los problemas del cultivo de rábano es la absorción de nutrientes debido a que tiene solo 35 días de ciclo de vida; como los fertilizantes no se disuelven rápidamente, la planta solo absorbe los nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de misma. Así mismo menciona que la técnica más común en la horticultura actual es el uso de fertilizantes orgánicos que contribuyen a restaurar la materia orgánica existente en el suelo, lo que permite aumentar considerablemente la retención de nutrientes que necesita la planta de rábano.

Álvarez et al. (2015), afirman que una de las funciones del suelo es proporcionar nutrientes a las plantas. Un suelo es fértil según la cantidad de nutrientes que tiene. Sin embargo, en algunos casos, los suelos fértiles no producen altos rendimientos. Es decir, puede haber suelos con muchos nutrientes que produzcan poca biomasa vegetativa. Esto se debe a que los nutrientes están presentes en el suelo, pero no pueden llegar a la planta debido a algunas limitaciones como: acidez, alcalinidad, salinidad, capacidad de formación de agua, capacidad de agua.

Hernández et al. (2010), proponen una alternativa de solución para disminuir la erosión y pérdida de nutrientes de los suelos, usando el compostaje y el vermicompostaje de los desechos orgánicos permitiendo de esta manera beneficios físicos, químicos y biológicos de los suelos agrícolas.

Por otro lado, en la agricultura comúnmente se sufre de problemas de erosión del suelo y la pérdida de fertilidad (Hernández et al. 2010). Tradicionalmente, los residuos orgánicos se han introducido en las tierras de cultivo para incrementar el contenido de nutrientes orgánicos y servir como fuente de nitrógeno para los cultivos como en el caso de cultivo de *Raphanus Sativus*, situación por la que se planteó la siguiente interrogante de investigación. Situación por la que se planteó la siguiente interrogante de investigación ¿Qué segmentación es la mejor de las variables agronómicas del cultivo de *Raphanus Sativus* (rábano)?

2. MATERIAL Y MÉTODOS

En la presente investigación con diseño no experimental y transeccional, se utilizó como fuente los datos de la investigación experimental realizada por Gómez (2011), que; tuvo como unidades de estudio a las plantas de rábano con diferentes tipos de fertilización: orgánica e inorgánica y tratamiento según variables agronómicas del cultivo de rábano, como:

- Peso total de la planta
- Altura de la hoja
- Peso de la hoja
- Peso del fruto
- Diámetro ecuatorial del fruto
- Diámetro polar del fruto
- Peso de la raíz

Para los casos se usó los tratamientos dentro de cada condición de fertilización:

- Con fertilización Orgánico:
 - P1: Lombricomposta de cabra y borrego
 - P2. Lombricomposta de bovino con humus líquido de lombriz
- Con fertilización Inorgánico:
 - P3: NPK con urea líquida
 - P4: NPK (Nitrógeno, Fósforo, Potasio)
- Con fertilización testigo:
 - P5: Testigo suelo con humus líquido de lombriz
 - P6: Testigo suelo

Posteriormente se realizó la simulación con el lenguaje de programación Python, de repeticiones de los valores medios de las variables agronómicas del cultivo de rábano (*Raphanus Sativus L.*), en diferentes tipos de fertilización, obtenidos como resultados de la aplicación del diseño experimental anidado.

En cuanto a los métodos aplicados, se utilizó Machine Learning con aprendizaje no supervisado para la Clasificación jerárquica ascendente (Bowles M., 2017) con 5 variables numéricas y 2 variables categóricas en la planta de rábano, con cinco repeticiones por cada seis tratamientos y en tres diferentes condiciones de fertilización.

Finalmente, para cumplir con los objetivos planteados, antes expuestos, en el presente estudio se usaron algoritmos:

- Para declarar las instancias de clase
- Para la obtención de dendogramas para las distancias o agregaciones.
- Para los centros de gravedad
- Para la obtención del gráfico tipo radar para la interpretación de clústeres

Empleando el lenguaje de programación Python, como software necesario, para realizar los algoritmos correspondientes en el procesamiento y análisis de datos.

3. RESULTADOS

Resultados de la simulación de las repeticiones por tratamiento de las variables

Peso total de la planta

Tabla 1

Simulación de las repeticiones por tratamiento para la variable peso total de la planta de rábano.

Plantas de rábano	Orgánico		Inorgánico		Testigo	
	p1	p2	p3	p4	p5	p6
Peso total planta (g)	34.381	35.163	23.247	21.405	23.896	24.695
	32.868	36.179	25.596	20.975	21.221	26.204
	36.314	36.684	24.500	23.676	21.502	25.489
	31.684	37.839	23.470	21.179	25.124	26.236
	35.987	39.579	26.765	21.686	23.655	22.745

Nota: Elaboración propia con Python.

Peso de la hoja

Tabla 2

Simulación de las repeticiones por tratamiento para la variable peso de la hoja de la planta de rábano.

Plantas de rábano	Orgánico		Inorgánico		Testigo	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Peso de la hoja (g)	9.394	10.353	7.333	8.098	5.489	6.325
	9.069	10.602	7.135	8.172	5.268	6.201
	9.404	10.484	7.773	8.272	5.466	6.139
	9.365	11.110	7.680	8.095	5.170	6.192
	9.240	11.495	7.450	8.369	5.530	6.367

Nota: Elaboración propia con Python.

*Altura de la hoja***Tabla 3**

Simulación de las repeticiones por tratamiento para la variable Altura de la hoja de la planta de rábano.

Plantas de rábano	Orgánico		Inorgánico		Testigo	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Altura de la hoja (cm)	17.789	19.724	16.521	12.688	13.462	16.568
	16.991	18.286	17.358	15.737	13.919	13.990
	16.895	20.206	15.950	14.403	13.767	16.767
	15.336	21.857	17.353	16.628	13.676	17.271
	16.391	22.494	15.414	16.985	11.922	15.410

Nota: Elaboración propia con Python.

*Peso del fruto***Tabla 4**

Simulación de las repeticiones por tratamiento para la variable peso del fruto de la planta de rábano.

Plantas de rábano	Orgánico		Inorgánico		Testigo	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Peso del fruto (g)	25.526	26.301	19.389	12.450	19.529	19.544
	27.116	24.656	18.472	13.247	17.431	18.277
	26.022	28.890	17.488	13.272	16.467	17.698
	27.922	23.986	18.139	11.836	16.079	20.857
	27.111	28.016	15.946	13.533	15.721	17.403

Nota: Elaboración propia con Python.

Diámetro ecuatorial**Tabla 5**

Simulación de las repeticiones por tratamiento para la variable diámetro ecuatorial de la planta de rábano.

Plantas de rábano	Orgánico		Inorgánico		Testigo	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Diámetro ecuatorial (cm)	2.558	2.997	2.497	2.201	2.742	2.530
	2.454	2.788	2.606	2.242	2.705	2.472
	2.518	2.856	2.509	2.267	2.797	2.469
	2.527	2.907	2.466	2.251	2.551	2.468
	2.542	2.797	2.498	2.211	2.615	2.530

Nota: Elaboración propia con Python.

Diámetro polar**Tabla 6**

Simulación de las repeticiones por tratamiento para la variable diámetro polar de la planta de rábano.

Plantas de rábano	Orgánico		Inorgánico		Testigo	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Diámetro polar (cm)	4.720	3.928	3.655	3.797	3.892	3.391
	4.659	4.606	3.680	3.444	3.819	3.189
	4.779	4.238	3.378	2.963	3.541	2.954
	4.474	4.398	3.560	3.819	3.813	3.569
	4.386	4.772	3.952	3.180	3.501	2.997

Fuente: Elaboración propia con Python.

Peso de la raíz**Tabla 7**

Simulación de las repeticiones por tratamiento para la variable peso de la raíz de la planta de rábano.

Plantas de rábano	Orgánico		Inorgánico		Testigo	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Peso de raíz (g)	0.656	0.982	0.385	0.163	0.350	0.477
	0.728	1.208	0.455	0.376	0.510	0.346
	0.393	0.998	0.457	0.320	0.350	0.720
	0.430	0.624	0.426	0.386	0.431	0.311
	0.859	0.673	0.512	0.392	0.371	0.484

Nota: Elaboración propia con Python.

Funciones de Agregación, declaración de instancias de clase

ward_res = ward(datos).....Ward
 single_res = single(datos).....Salto mínimo
 complete_res = complete(datos).....Salto Máximo
 average_res = average(datos).....Promedio

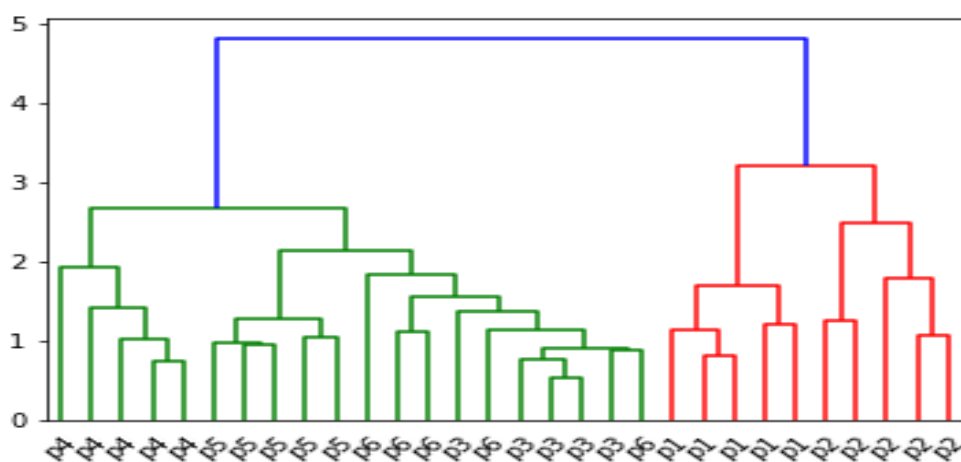
Dendogramas

Agregación promedio

dendrogram(average_res,labels= datos.index.tolist())

Figura 1

Dendograma de las repeticiones por tratamiento para el peso promedio de la raíz de la planta de rábano



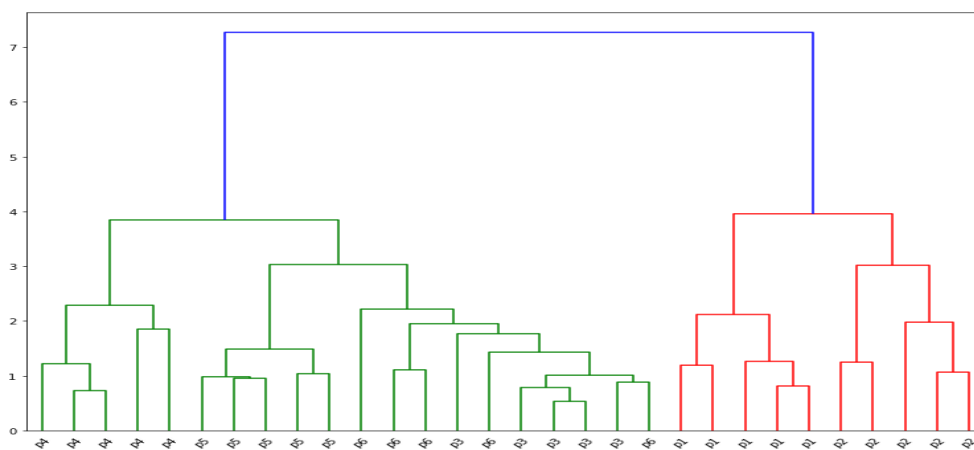
Nota: Elaboración propia con Python.

Agregación Salto máximo

dendrogram(complete_res,labels= datos.index.tolist())

Figura 2

Dendograma de las repeticiones por tratamiento para el peso de la raíz de la planta de rábano



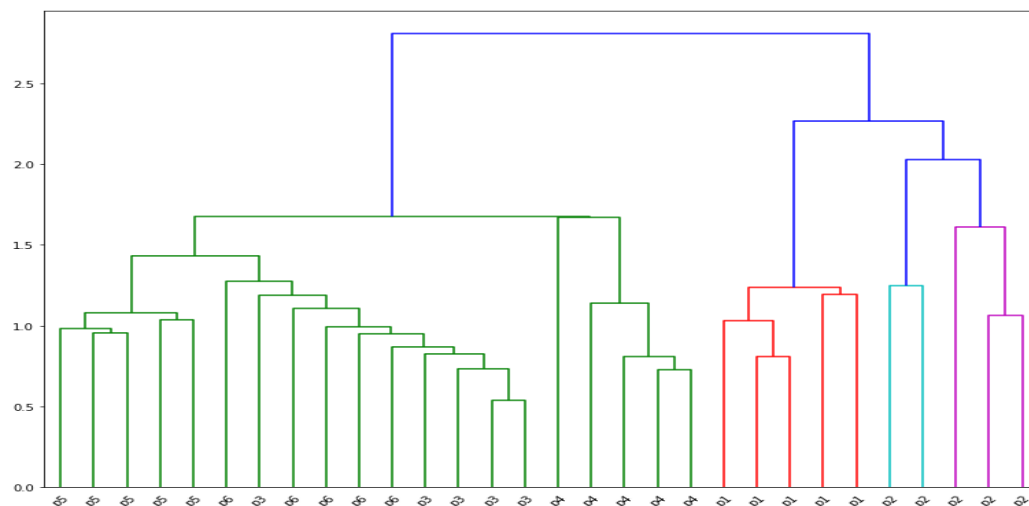
Nota: Elaboración propia con Python.

Agregación Salto mínimo

```
dendrogram(single_res,labels= datos.index.tolist())
```

Figura 3

Dendrograma de las repeticiones por tratamiento para el peso de la raíz de la p lanta de rábano, según método single



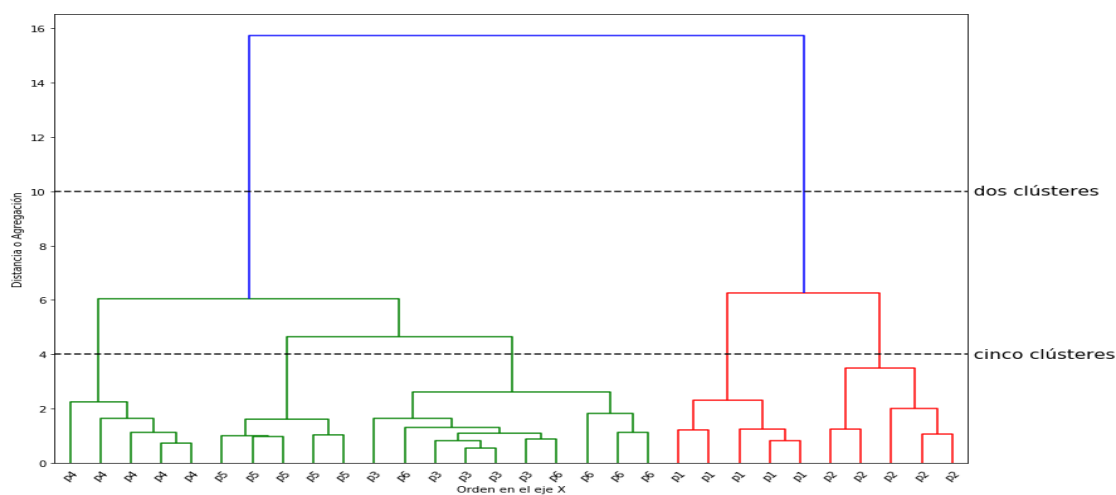
Nota: Elaboración propia con Python.

Agregación Ward

```
dendrogram(ward_res,labels= datos.index.tolist())
```

Figura 4

Dendrograma de las repeticiones por tratamiento para el peso de la raíz de la planta d e rábano, según método Ward.



Nota: Elaboración propia con Python.

Función para calcular los centroides de cada cluster

```
def centroide(num_cluster, datos, clusters):
    ind = clusters == num_cluster
    return(pd.DataFrame(datos[ind].mean()).T)
```

Función para graficar los gráficos tipo Radar para la interpretación de clústeres

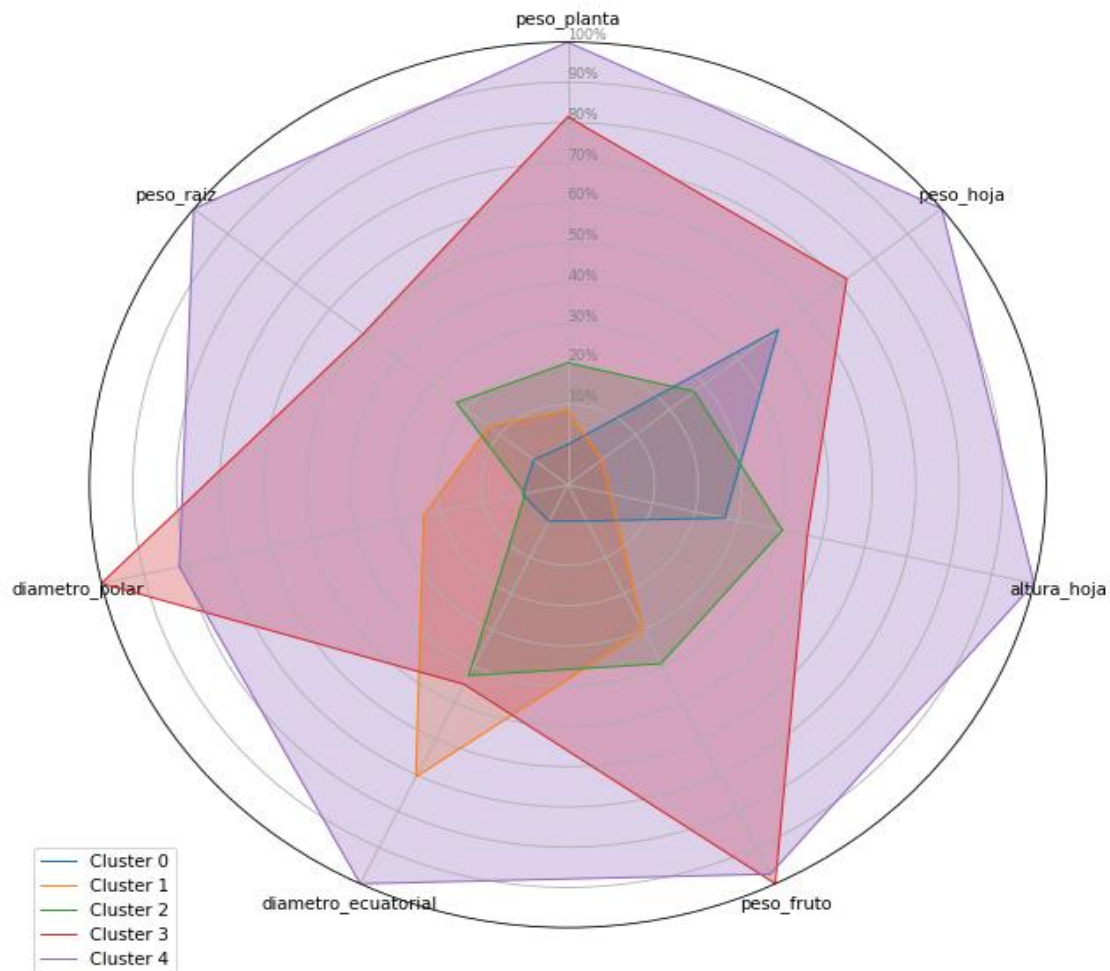
```
def radar_plot(centros, labels):
    from math import pi
    centros = np.array([(n - min(n)) / (max(n) - min(n)) * 100 if
                        max(n) != min(n) else (n/n * 50) for n in centros.T])
    angulos = [n / float(len(labels)) * 2 * pi for n in range(len(labels))]
    angulos += angulos[:1]
    ax = plt.subplot(111, polar = True)
    ax.set_theta_offset(pi / 2)
    ax.set_theta_direction(-1)
    plt.xticks(angulos[:-1], labels)
    ax.set_rlabel_position(0)
    plt.yticks([10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100],
               ["10%", "20%", "30%", "40%", "50%", "60%", "70%", "80%", "90%", "100%"],
               color = "grey", size = 8)
    plt.ylim(-10, 100)
    for i in range(centros.shape[1]):
        valores = centros[:, i].tolist()
        valores += valores[:1]
        ax.plot(angulos, valores, linewidth = 1, linestyle = 'solid',
               label = 'Cluster ' + str(i))
        ax.fill(angulos, valores, alpha = 0.3)
    plt.legend(loc='upper right', bbox_to_anchor = (0.1, 0.1))
```

Interpretación 5 Clústeres - Gráfico Radar plot con Ward

```
grupos = fcluster(linkage(datos, method = 'ward', metric='euclidean'), 5, criterion =
                 'maxclust')
grupos = grupos-1
print(grupos)
centros = np.array(pd.concat([centroide(0, datos, grupos),
                             centroide(1, datos, grupos),
                             centroide(2, datos, grupos),
                             centroide(3, datos, grupos),
                             centroide(4, datos, grupos)]))
print(centros)
plt.figure(1, figsize = (10, 10))
radar_plot(centros, datos.columns)
```

Figura 5

Gráfico de Radar por clusters para las variables ergonómicas de la planta de rábano.



Nota: Elaboración propia con Python.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación tuvo como propósito determinar la mejor segmentación de las variables agronómicas del cultivo de *Raphanus Sativus* (rábano), cuyos resultados obtenidos en las segmentaciones de las variables agronómicas comparando cada condición de fertilización y tratamiento, dio como resultado que las segmentaciones con mejores resultados fueron las de fertilización orgánica en sus dos tratamientos: P1: lombricomposta de cabra y borrego; P2: Lombricomposta de bovino con humus liquido de lombriz, resultado que podemos comparar con lo obtenido por López et al. (2001) y Gómez (2011) donde indican que los abonos orgánicos que se emplean actualmente, proporcionan muchos beneficios para el suelo, aumentando la retención de humedad y facilita la asimilación de nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Así mismo a diferencia de Ochoa et al. (2015), cuyo objetivo era generar información sobre el cultivo de rábano utilizando diferentes fertilizantes y empleó el programa estadístico

SAS con los valores medios de las variables tanto en los tratamientos y las repeticiones y estadísticamente realizó el Análisis de varianzas y prueba post ANVA de comparación entre parejas de Tukey; en este trabajo se empleó el software Python y mediante dendogramas se obtuvieron mejores resultados en el tratamiento compost, donde el suelo aumenta la capacidad de conservar el agua y de ésta manera aumentar el crecimiento de las plantas por los nutrientes que benefician al crecimiento de la raíz, mismos resultados obtenidos por Ochoa.

5. CONCLUSIONES

- ✓ Mediante los dendogramas ejecutados con cada una de las instancias de clases para las agregaciones correspondientes, se observó que los tratamientos dentro de cada condición de fertilización se agrupan en 5 clusters.
- ✓ Gracias a los centros de gravedad obtenidos mediante algoritmos, para hacer uso del Gráfico Radar plot con la instancia Ward, se pudo obtener las siguientes variables agronómicas que determinan un mejor rendimiento en el cultivo de *raphanus sativus* (rábano):
 Con el tratamiento P1: lombricomposta de cabra y borrego: las variables diámetro_polar y peso_fruto.
 Con el tratamiento P2: lombricomposta de bovino con humus líquido de lombriz: las variables diámetro_ecuatorial, peso raíz, peso_planta, peso_hoja, altura hoja y también peso_fruto.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez C., Rimski-Korsakov H., Rubio G., Taboada M., Gutierrez F., Caffaro M. y Fernández P. (2016). *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*: EFA Editorial Facultad Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
<https://www.agro.uba.ar/catalog/manejo-de-la-fertilidad-del-suelo-en-planteos-org-nicos>
- Aracena G. (2015). *Comparación de tres técnicas de siembra y desarrollo del cultivo de quinua en la quebrada de humahuaca-jujuy*: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. <https://inta.gob.ar/documentos/comparacion-de-tres-tecnicas-de-siembra-y-desarrollo-del-cultivo-de-quinua-en-la-quebrada-de-humahuaca-jujuy>
- Bowles M. (2017). *Machine Learning in Python. Essential Techniques for predictive analysis*: Editorial Wiley.
<http://libgen.rs/book/index.php?md5=FF88965B2D3A8906528560856BA945D1>
- Castro M., Dardel Ch., Verdugo G. (1996). Propagación in vitro de *Gypsophila paniculata* L. *Agricultura Técnica*, 56(3), 224-228.
<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/27675>

- Chávez D., Miranda I, Varela M., Fernández L. (2010). Utilización del análisis de Cluster con variables mixtas en la selección de genotipos de maíz (*Zea mays*). *Revista Investigación Operacional*. 30(3), 209-216
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3682663>
- Gómez, L. (2011). *Evaluación del cultivo de rábano (raphanus sativus l.) bajo diferentes condiciones de fertilización orgánica e inorgánica*: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Agronomía. Saltillo, Coahuila, México.
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6422>
- Hernández O, Ojeda D., López I. y Arras A. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia. Chihuahua. Revista de Ciencia y Tecnología*, 4(1), 1-6.
<https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/719>
- Jahn E., Avilés R. y Barrales, L. (2004). Velocidad de secado de alfalfa bajo diferentes condiciones de secado artificial. *Agricultura técnica. Chilean Journal of Agricultural Research*, 64(2), 163-171.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072004000200005
- López J. Dimas J., Díaz A., Martínez E., Valdez R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra latinoamericana*, 19(4).
<https://www.redalyc.org/pdf/573/57319401.pdf>
- Ochoa D. y Mendoza J. (2015). *Evaluar el efecto de enmiendas nutricionales sobre el crecimiento y rendimiento del rábano (Raphanus sativus L) en época seca en la Hacienda experimental Las Mercedes, Managua, Nicaragua, 2015*: Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Departamento de Producción Vegetal.
<https://repositorio.una.edu.ni/3196/>