

FORTHCOMING N62P12-09-22-03

ESTUDIO ESTADÍSTICO PARA LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES MEJORADAS DE PASTOS EN EL VALLE DE PICHIS, PERÚ

Keneth Reategui del Aguila^{1*}, Nazario Aguirre Baique^{2*}, Jorge Saavedra Ramírez^{3**}, Anderson Hugo Cieza Delgado^{4*}, Guillermo Vásquez Ramírez^{5***}

*Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Ucayali, Perú

**Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, Yurimaguas, Perú

***Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú

ABSTRACT

The Valley of Pichis is an area of Peru with a mostly rural population and a great variety of flora and fauna. However, for many years there has been a trend towards deforestation that is increasingly worrying. Due to the overexploitation of pastures due to the intensive grazing that is carried out by the inhabitants of the area, it has been perceived that there are areas where the pastures are dry and in others there is a lack of pastures to continue feeding the local cattle. The lack of scientific culture on the part of the inhabitants of the area who are not capable of carrying out a more rational grazing is also appreciated. That is why it was decided to study the introduction of three plant species that can serve as substitutes for native species in order to provide a greater opportunity for regeneration of these species and thus avoid desertification of the area. The data obtained from the results of the experiment were processed with the help of the Kruskal-Wallis method, which consists of comparing the results of more than two independent populations, to determine if there is a significant difference between them, or if instead they respond to the same distribution. This is a non-parametric test and therefore has the advantage that it does not have the normality of the populations as a hypothesis.

KEYWORDS: Grazing, pastures and forages, statistical test, non-parametric statistics, Kruskal-Wallis test.

MSC: 62P12, 62P30.

RESUMEN

El Valle de Pichis es una zona del Perú de población sobre todo rural de gran variedad de flora y fauna. Sin embargo, desde hace muchos años existe una tendencia a la deforestación que es cada vez más preocupante. Debido a la sobreexplotación de los pastos por el pastoreo intensivo que se lleva a cabo por los habitantes de la zona, se ha percibido que existen zonas donde los pastos están secos y en otros existe falta de pastos para seguir alimentando al ganado local. También se aprecia la falta de cultura científica por parte de los habitantes de la zona que no son capaces de llevar a cabo un pastoreo más racional. Es por ello que se decidió estudiar la introducción de tres especies vegetales que puedan servir de sustitutas a las especies nativas con el objetivo de brindar mayor oportunidad de regeneración de estas especies y de esta manera evitar la desertificación de la zona. Los datos obtenidos de los resultados del experimento se procesaron con ayuda del método de Kruskal-Wallis, el cual consiste en la comparación de los resultados de más de dos poblaciones independientes, para determinar si existe diferencia significativa entre ellas, o si en cambio responden a la misma distribución. Esta es una prueba no paramétrica y por tanto tiene como ventaja que no tiene como hipótesis la normalidad de las poblaciones.

PALABRAS CLAVES: Pastoreo, pastos y forrajes, prueba estadística, estadística no paramétrica, prueba de Kruskal-Wallis.

1. INTRODUCCIÓN

El Valle de Pichis es una zona de Perú ubicada en el distrito de Puerto Bermúdez, dentro de la provincia de Oxapampa en el centro del país. Por este valle pasa el río Pichis que tiene gran importancia hídrica. Esta es una región con grandes recursos forestales, botánicos y de fauna, con poco desarrollo urbano. En él habitan familias de origen campesino y poblaciones originarias o sus descendientes. Uno de los problemas que se presenta en la zona es el tráfico de drogas y la deforestación de los recursos naturales, con la posible pérdida de especies animales y vegetales, [1][13][17].

En las pendientes de algunas laderas se ha detectado la degradación del pasto que sirve de alimento al ganado de la zona. Se puede encontrar pasto seco o en algunos lugares falta de pasto, debido a la sobreexplotación

ganadera a que ha sido sometida esta zona. Por otra parte, las especies que conforman el pasto local muestran limitaciones en cuanto a su regeneración y a la adaptación a las nuevas condiciones químicas de los suelos sobreexplotados. También la población local no ha sido capaz de promover métodos científicos de siembra de pastos que garantice la regeneración de las especies que la forman. En la actualidad existe una situación alarmante en cuanto a la deforestación de árboles y especies vegetales autóctonas del valle, lo cual puede provocar que en pocos años se convierta en una zona desértica, donde no exista una vuelta atrás en los niveles de vegetación que existía en décadas anteriores, [17].

Es por ello que en este artículo se describe un experimento para introducir nuevas especies que sirvan de pasto al ganado y que se adapten mejor a las condiciones climáticas del valle, a la vez que se regeneren de manera más rápida y abundante, en un menor período de tiempo. Se necesita además que las especies introducidas no necesiten de cuidados especiales por parte de los ganaderos de la zona.

Para el experimento se utilizaron tres especies forrajeras diferentes, a las que se les aplicó tres métodos diferentes de cultivo o labores culturales. Una vez que se recopilieron los datos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para medir si existe diferencia significativa en al menos un par de cultivos experimentales diferentes. De esa manera se determinó cuál es la mejor opción y si es significativamente mejor que las demás. La ventaja que ofrece este método es que es no-paramétrico, es decir no necesita que las poblaciones estudiadas se correspondan con una función de distribución específica.

El presente artículo se divide en las secciones siguientes: la Sección 2 de Materiales y Métodos contiene los detalles del método estadístico utilizado, en este caso el método de Kruskal-Wallis, las fórmulas teóricas utilizadas para los cálculos, las hipótesis necesarias que deben cumplir las muestras a evaluar, entre otros detalles del método; además de algunas explicaciones del lugar donde se aplica el experimento. La Sección 3 contiene las especificaciones del experimento realizado y los resultados de los cálculos. En la Sección 4 se ofrecen las Conclusiones del artículo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue conducido en la Estación Experimental "La Esperanza", localizada en Puerto Bermúdez, en el Valle del Pichis, Perú, situada a 10018' de latitud sur y a 74054' de longitud oeste, a una altura de 300 msnm. La precipitación media anual es de 3312 mm y la temperatura media anual es de 26.0°C (Figuras 1 y 2).

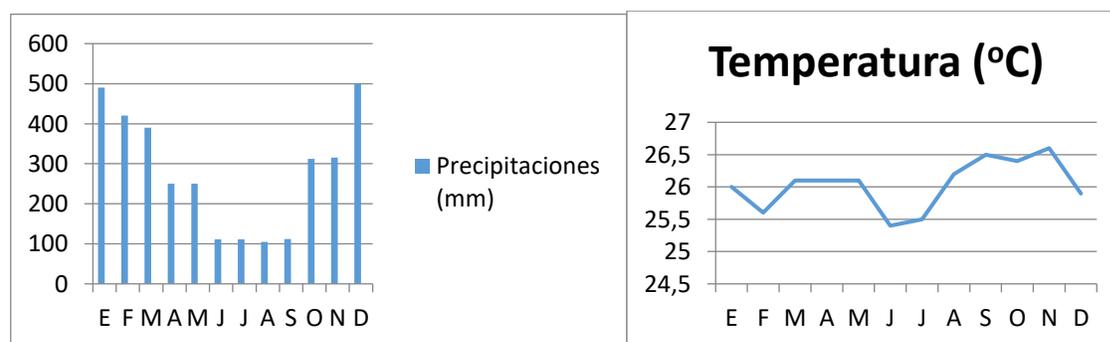


Figura 1. Precipitación mensual del Valle de Pichis. **Figura 2.** Temperatura mensual del Valle de Pichis. Ecológicamente se encuentra ubicado dentro del área de bosque tropical lluvioso. En la Tabla 1 se muestran las características de los suelos aptos para pastos de la zona.

Prof. (cm)	pH	Acidez (meq/100g)	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	K (meq/100g)	CICE* (meq/100g)	Sat. Al (%)	S.B. (%)	M.O. (%)
0-19	4.1	5.6	0.27	0.18	0.10	6.15	91	9	2.3
19-46	4.6	4.4	0.53	0.17	0.08	5.18	85	15	1.3

Tabla 1. Características químicas de los suelos aptos para pastos.

*CICE-Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.

El objetivo de la investigación es evaluar diferentes sistemas de recuperación de pasturas degradadas con el uso de tres tipos de pastos mejorados. Los tratamientos se llevaron a cabo sobre tres especies forrajeras ([4]):

1. *Brachiaria decumbens* CIAT606,
2. *Brachiaria dictyoneura* CIAT6133,
3. *Qesmodium ovalifolium* CIAT350.

Las labores culturales realizadas fueron las siguientes:

1. Herbicida en franjas,

2. Mecanización en franjas,
3. Labranza mínima.

Los tratamientos fueron dispuestos en un diseño de bloques completos al azar ([4]) en arreglo de parcelas divididas con 3 repeticiones, donde las parcelas principales fueron las especies forrajeras y las sub-parcelas las labores de sistemas culturales. El tamaño de la unidad experimental fue de 36,4 m. Las franjas con herbicida y mecanizadas cubrían un total de 25% del área donde se sembraron las especies forrajeras con material vegetativo.

Después de seis meses de instalado el ensayo, se aplicó herbicida y se mecanizó el área que antes no fue trabajada. Las mediciones de la composición botánica (%) se realizaron en base a kg de materia seca/m, fueron hechas antes de iniciar el ensayo y a los 3, 6 y 9 meses después de la siembra. La longitud de estolones de las especies forrajeras fue medida a 3, 6 y 9 meses después de la siembra. El área donde fue instalado el ensayo tenía una pendiente de 25%.

Para la composición botánica se hizo un análisis combinado por fechas de medición para especies forrajeras y sistemas o labores culturales, además de la prueba de Kruskal-Wallis en cada caso.

Esta prueba estadística de Kruskal-Wallis toma el nombre de William Kruskal y W. Allen Wallis y se utiliza para determinar si existen diferencias significativas entre dos o más grupos de variables independientes entre sí ([5][6][7]). Consiste en la comparación entre las medianas de los diferentes grupos, para corroborar si todas las medianas son significativamente iguales, en cuyo caso se considera que no hay diferencia significativa entre las variables o por el contrario si hay al menos una diferente a las demás. Como es una prueba no paramétrica no se exige que los datos recopilados respondan a una distribución específica, además de que puede usarse en tamaño de muestras más pequeños, es generalmente una prueba robusta que no es sensible a los valores extremos.

La prueba consiste en los siguientes pasos:

1. Ordenar los datos de todos los grupos o muestras en orden ascendente en un conjunto combinado,
2. Asignar rangos a los elementos. Asigna el rango medio a los datos repetidos,
3. Suma los diferentes rangos de cada muestra,
4. Calcula el estadístico por las fórmulas 1 o 2, según sea el caso, como se describe más adelante.

En este artículo se usa por todas las ventajas antes explicadas. Para su aplicación no se necesita que las variables medidas respondan a una distribución específica, en especial normalidad. También es posible que se tengan pocos elementos de muestra de un grupo.

Para el procesamiento de los datos se decidió comparar cuál muestra de todas las combinaciones posibles daba el resultado con mayor eficacia. Para determinar si la diferencia entre los resultados es realmente significativa y en caso de tener una variante de pasto que realmente tenga resultados más deseados que los demás, se determinó aplicar la prueba de Kruskal-Wallis, [2][7][14]. Esta es una prueba no paramétrica que usualmente se usa para comparar tratamientos de entre más de tres poblaciones independientes. En este caso, primero se determinó con la prueba de Kolmogorov-Smirnov ([15][16]) que las muestras obtenidas no presentan normalidad, en caso de normalidad hubiera sido más conveniente el uso de la prueba de Análisis de Varianza (ANOVA por sus siglas en inglés), [5][9][15].

En esta prueba de Kruskal-Wallis se asume la hipótesis nula de que los datos vienen de una distribución con el mismo parámetro de posición μ . Formalmente es como sigue ([6][10][12][18]):

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_m$$

$$H_1: \mu_l \neq \mu_k \text{ para algún par de } l, k\text{-ésimas poblaciones.}$$

Donde las μ_i son las medias de las poblaciones de los grupos que se estudian.

La ecuación del estadístico de prueba es la siguiente:

$$K = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_i - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2} \quad (1)$$

Donde,

n_i es el número de observaciones del i-ésimo grupo.

r_{ij} es el rango de la observación j-ésima entre todas las observaciones en el grupo i-ésimo.

N es el número total de observaciones entre todos los grupos.

$$\bar{r}_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i}$$

$\bar{r} = \frac{(N+1)}{2}$ es el promedio de r_{ij} .

Este es un estadístico lineal de rangos por lo que tiene una distribución límite asociado a las pruebas normales.

Cuando se tienen valores repetidos, se puede realizar una corrección con ayuda de la Ecuación 2, tal que K se divide por ella:

$$1 - \frac{\sum_{i=1}^G (t_i^3 - t_i)}{N^3 - N} \quad (2)$$

Donde:

G es el número de grupos de diferentes rangos repetidos.

t_i es el número de observaciones repetidas dentro del grupo i que tiene observaciones repetidas dentro de un mismo valor.

Al haber estas, la potencia de la prueba disminuye pero no en forma significativa en la mayor parte de los casos.

El valor p se calcula por $Pr(\chi_{g-1}^2 \geq K)$. Para algún n_i pequeño que sea menor a 5, la distribución puede ser diferente a la chi-cuadrado, en cuyo caso se usaría la distribución exacta de K.

3. RESULTADOS

En la evaluación previa a la instalación del ensayo se encontró que la maleza predominante fue el "pasto amargo" o "arrocillo" (*Homolepis aturensis*) con 80% y el restante 20% del área estaba invadido por "Kudzu" (*Pueraria phaseoloides*).

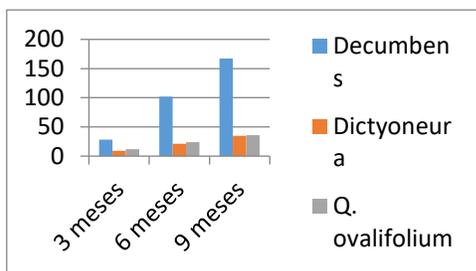
Al efectuar el análisis estadístico por fecha de evaluación, se observa una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre especies forrajeras. En términos de composición botánica donde *ft. decumbens* es superior estadísticamente a *ft. Dictyoneura* y *Jl. ovalifolium* en la fase de establecimiento, indistintamente del tipo de labor utilizado al momento de la siembra. De la misma forma, también se puede observar que no existe diferencia significativa al comparar sistema de labranza mecanizado y la aplicación de herbicida, pero el trabajo muestra que con labranza mínima las especies forrajeras tienen mayor dificultad para establecerse, especialmente *dictyoneura* y *Ily ovalifolium*.

Los resultados según la labor cultural usada, indican que *decumbens* desplaza a *laturensis* y a.f. *phaseoloides* hasta conseguir niveles de 85,5%, 85,1% y 74.8% para mecanización, uso de herbicida y labranza mínima respectivamente, después de 9 meses de sembrado a diferencia de *dictyoneura* y *Jl. ovalifolium*, que no logran competir con el "pasto amargo" y el "Kudzu" en ninguno de los tratamientos evaluados. Esto también se observa en la aplicación de la prueba de Kruskal-Willis efectuada para las mediciones hechas a las sub-parcelas donde se comparan los porcentajes de pastos en cada una de ellas.

Comparación	Chi-cuadrado	Grados de libertad	Sig. asintótica
Entre especies	13,699	2	0,00106
Entre sistemas culturales	11,563	2	0,00308

Tabla 2. Resultados de la Prueba de Kruskal-Wallis para diferentes combinaciones de datos.

Otra de las mediciones analizadas en este trabajo es la longitud de estolones de las especies forrajeras en estudio, evaluadas a través del periodo de establecimiento. Sin considerar el tipo de labor cultural empleado:

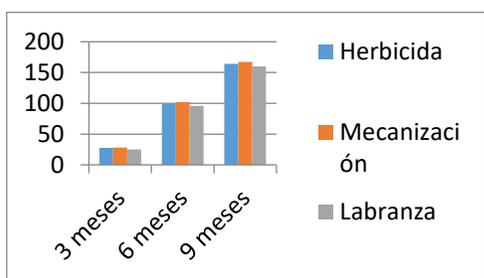


Decumbens a los 9 meses alcanza en promedio 167 cm a diferencia de dictyoneura y Q. ovalifolium que solo alcanzan 35 y 36 cm de longitud de estolones, respectivamente. Sin embargo, para el caso de jl. Decumbens el crecimiento de los estolones tiende a ser asintótico a partir de los 6 meses de establecido. Pero si bien es cierto que los estolones se desarrollan y se encontraron diferencias al comparar las diferentes labores culturales empleadas, especialmente en decumbens, se nota que para la labranza mínima los

Figura 3. Tamaño promedio de los estolones (cm) por especie a los 3, 6 y 9 meses.

diferentes labores culturales empleadas, especialmente en decumbens, se nota que para la labranza mínima los estolones no están fijos en el suelo y solamente cubren el área, véase Figuras 3 y 4.

Esto se observa con mayor claridad cuando luego de concluido el ensayo, el área se sometió a pastoreo y después de 2 rotaciones se notaron líneas definidas en el lugar de siembra en las parcelas, cuando el tratamiento fue labranza mínima.



Se debe destacar que para realizar los cálculos se utilizó el paquete estadístico de Octave 4.2.1. Este es un software libre, que procesa los ficheros m de MATLAB, que tiene la ventaja de ser libre de pago y realiza aproximadamente las mismas operaciones que pueden hacerse en MATLAB ([3][8][11][16]).

4. CONCLUSIONES

En la presente investigación se llegó a la conclusión que es

Figura 4. Tamaño máximo de los estolones (cm) de las 3 Especies por labores culturales a los 3, 6 y 9 meses.

posible recuperar una pastura degradada y en pendiente en base a pasturas mejoradas. La pastura mejorada que más condiciones tiene para establecerse en este tipo de terrenos es la decumbens que supera a A. dictyoneura y Q. ovalifolium. Esto indistintamente del tipo de labor cultural que se usa al momento de la siembra. Sin embargo, se debe mencionar que el uso de herbicida o mecanización en franjas favorecería la persistencia de la pastura. Esto lo demuestra el estudio estadístico realizado en donde se compararon a la vez estas tres especies de pastos forrajeros mejorados en tres tipos diferentes de labores culturales. Los datos se procesaron con la ayuda de la Prueba de Kruskal-Wallis, lo que permitió asegurar que las conclusiones a las que llegaron los autores de la investigación son significativas.

RECEIVED: SEPTEMBER, 2022.

REVISED: OCTOBER, 2022.

REFERENCIAS

- [1]. AVENDAÑO LLAMOSAS, A. G. (2019) Tesis de Grado: **Horizontes de desarrollo en el bosque: las relaciones entre los proyectos de desarrollo basados en cacao y la interfaz productivo-extractiva de los comuneros del sector Pampacocha de la CN Siete de junio del valle del Palcazú, provincia de Oxapampa**. Pontificia Universidad Católica Del Perú, Lima.
- [2]. ĀURIŠ, V. y TIRPÁKOVÁ, A. (2020): A survey on the global optimization problem using Kruskal-Wallis test. En *Annales Mathematicae et Informaticae*, 52, 281-298. Eszterház y Károly Egyetem Líceum Kiadó.
- [3]. FACHADA, N. y ROSA, A. C. (2018): micomp: A MATLAB/Octave toolbox for multivariate independent comparison of observations. *Journal of Open Source Software*, 3, 430-430.
- [4]. GARCÉS HERRERA, H. M. (2019): Tesis de Maestría: **Eficiencia económica de dos métodos de riego: gravedad y aspersión en el cultivo de pasto en el módulo Cebadas Central, Parroquia Cebadas Cantón Guamote, provincia de Chimborazo, año 2017**. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Riobamba.

- [5]. JOHNSON, R. W. (2022): Alternate Forms of the One-Way ANOVA F and Kruskal–Wallis Test Statistics. **Journal of Statistics and Data Science Education**, 30, 82-85.
- [6]. JÚNIOR, J. B. C. y LUCENA, R. R. L. (2020): Analysis of precipitation using Mann-Kendall and Kruskal-Wallis non-parametric tests. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, 19, 1-15.
- [7]. KRUSKAL, W.H. y W. WALLIS, W.A (1952): Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**, 47, 583–621.
- [8]. LEMENKOVA, P. (2019): AWK and GNU octave programming languages integrated with generic mapping tools for geomorphological analysis. **GeoScience Engineering**, 65, 1-22.
- [9]. LIU, Q. y WANG, L. (2021): t-Test and ANOVA for data with ceiling and/or floor effects. **Behavior Research Methods**, 53, 264-277.
- [10]. MUREMI, L. y BOKORO, P. (2018, Junio): Assessing the significance of electro-thermal stress on varistor arresters using Kruskal-Wallis H-test. In **2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe, 1-4**. IEEE.
- [11]. PAJANKAR, A. y CHANDU, S. (2020): Data Analysis. En **GNU Octave by Example**, 111-123. Apress, Berkeley, CA.
- [12]. REN, W. L., WEN, Y. J., DUNWELL, J. M. y ZHANG, Y. M. (2018): pKWmEB: integration of Kruskal–Wallis test with empirical Bayes under polygenic background control for multi-locus genome-wide association study, **Heredity**, 120, 208-218.
- [13]. SALAS GARCÍA, O. G. (2022):: **Pistas de aterrizaje clandestinas y el delito de conspiración para el tráfico ilícito de drogas**, VRAEM 2016–2021. Tesis de Grado Universidad Peruana de Las Américas, Lima.
- [14]. SIEGEL, S. y CASTELLAN, N.J. (1988): **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences** (Segunda Edición): New York: McGraw-Hill.
- [15]. SPIEGEL, M.R., SCHILLER, J. y SRINIVASAN, R.A. (2007): “Análisis de la varianza”. **Probabilidad y Estadística** [Schaum's Outline of Theory and Problems of Probability and Statistics]. Schaum (2ª edición). México D.F.: McGraw-Hill. pp. 335-371.
- [16]. TEJEDOR, F.J. (1999): **Análisis de Varianza**. Schaum. Madrid: La Muralla S.A.
- [17]. TORRES LLAMOSAS, M. D. (2019): Tesis de Grado: **Determinación del periodo óptimo para el análisis de deforestación del valle Pichis-Departamento de Pasco**. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- [18]. VENTURA-LEÓN, J. L. (2019): Tamaño del efecto para Kruskal-Wallis: aportes al artículo de Domínguez-González et al. **Investigación en educación médica**, 8, 135-136.