

Citar este artículo como: Martínez Durán, A.J. (2019). Cultivos forrajeros para mitigar el efecto de la sequía en la ganadería. Una revisión de la literatura. *Revista Utesiana de la Facultad de Arquitectura e Ingeniería*, 4(4), 24-33.

CULTIVOS FORRAJEROS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA SEQUÍA EN LA GANADERÍA. UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

Atuey de Jesús Martínez Durán⁵
Universidad Tecnológica de Santiago

RESUMEN: En este artículo se presenta un modelo matemático que permite la determinación del punto quiescente de una polarización dada mediante el uso de artificios matemáticos que, por medio de la utilización de las ecuaciones, que rigen tanto el comportamiento del transistor (FET) como de la polarización utilizada, permite la obtención de los voltajes y corrientes que estarán manejando el transistor bajo esa polarización. En el diseño de amplificadores las polarizaciones permiten distintos modos de interacción entre el transistor y los demás elementos del circuito y la selección del punto quiescente, que es el punto donde converge el comportamiento del transistor con el comportamiento de los demás dispositivos. Es de suma importancia, ya que sin importar la polarización utilizada, el punto Q es lo que permitirá la realización de un buen amplificador. Este método se propone como una herramienta precisa que permita a estudiantes y profesionales de la electrónica realizar cálculos y diseños precisos por medio de procedimientos puramente matemáticos, que contemplan todo el circuito amplificador como una sola ecuación, mediante la cual es posible determinar el punto de operación para cualquier polarización dada.

Palabras clave: quiescente, MOSFET, polarización, ecuación, polinomio.

ABSTRACT: This article presents a mathematical model that allows the determination of the quiescent point of a given polarization through the use of mathematical devices, which by means of the use of the equations that govern both the behavior of the transistor (FET) and the polarization used, allows obtaining the voltages and currents that the transistor will be handling under that polarization. In the design of amplifiers the polarizations allow different modes of interaction between the transistor and the other elements of the circuit and the selection of the quiescent point, which is the point where the behavior of the transistor converges with the behavior of the other devices,

⁵ Profesor de la Universidad Tecnológica de Santiago. Autor para correspondencia: atueymartinez@utesa.edu

is of utmost importance since regardless of the polarization used the Q point is that it will allow the realization of a good amplifier. This method is proposed as an accurate tool that allows students and professionals in electronics to perform accurate calculations and designs by means of purely mathematical procedures that contemplate the entire amplifier circuit as a single equation, through which it is possible to determine the point of operation for any given polarization.

Key words: quiescent, MOSFET, polarization, equation, polynomial.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han realizado investigaciones en relación con el uso de cultivos forrajeros para la alimentación del ganado afectado por problemas de sequía (Parsons *et al.*, 2019). En República Dominicana se implementan diversos cultivos forrajeros, destacando la hierba merker, transvala, caña de azúcar, bermuda costera y maíz. También, la Dirección General de Ganadería ha experimentado con nopal, si bien, todavía no existen resultados concluyentes sobre su utilización.

El mavuno es una variedad que recientemente ha sido introducida al país y, según las informaciones obtenidas, presenta excelente calidad forrajera y productividad, así como un adecuado nivel de rusticidad, acompañado de un sistema radicular profundo y vigoroso que lo hace resistente a la sequía. El sorgo es una planta que dispone de un mecanismo para la absorción del CO₂ que le proporciona un mayor rendimiento fotosintético y, con ello, mayor eficacia en condiciones de sequía y de calor extremo, además de tener un denso sistema radicular que puede descender hasta dos metros de profundidad en los terrenos profundos y bien preparados, es capaz de extraer y utilizar el agua de riego y los nutrientes del suelo con mayor eficacia, resistiendo muy bien a las condiciones de estrés hídrico.

Los cultivos forrajeros mencionados no se han estudiado en profundidad en República Dominicana, aunque sí han sido objeto de investigación en otros países del continente americano. A partir de la literatura consultado, este ensayo pretende explorar las ventajas de la utilización de los cultivos mencionados, sobre todo, en relación con su adaptabilidad al suelo, requerimientos de agua y rendimiento en el ganado.

DESARROLLO

La sequía tiene un amplio impacto en todos los sectores, pero a pesar de los esfuerzos realizados para identificar los efectos de esta en un sector en particular, todavía no hay consenso entre la comunidad científica de cómo este fenómeno atmosférico influye en un sector específico (Parsons *et al.*, 2019), como en este caso es el agroindustrial. Así, es importante analizar que tipo de cultivos forrajeros pueden minimizar los efectos de la sequía en el sector ganadero (Castro *et al.*, 2017; Saylor *et al.*, 2018).

El sector agrícola es particularmente sensible a la sequía y la escasez de agua (Wilhite *et al.*, 2014), ya que depende directamente de la precipitación y la evapotranspiración. Las sequías pueden disminuir los rendimientos y la calidad de los cultivos (Rey *et al.*, 2016) y afectar al ganado al reducir la disponibilidad de pasto y alimento (Parsons *et al.*, 2019). Por esta razón, se han realizado estudios que han analizado el cultivo de maíz para el ganado vacuno ubicado en zonas afectadas por la sequía (Mojica *et al.*, 2013; Tui *et al.*, 2015). Otros autores han analizado la producción de cultivos forrajeros en diferentes sistemas ganaderos (Castro *et al.*, 2017).

En Latinoamérica se han evaluado diferentes cultivos de cobertura en diferentes sistemas de producción agropecuaria, entre los que destacan *Mucuna pruriens*, *Dolichos lablab*, *Canavalia ensiformis*, *Centrosema molle*, *Clitoria ternatea*, *Crotalaria juncea*, *Crotalaria ochroleuca*, *Desmanthus virgatus*, *Indigofera tinctoria*, *Lablab purpureus*, *Macroptilium atropurpureum*, *Stylosanthes guianensis*, *Teramnus uncinatus* y *Vigna* (Thurston, 1996; Cherr *et al.*, 2006). En Nicaragua, por ejemplo, se ha analizado el uso de *Canavalia brasiliensis*, comprobándose que es una especie que se adapta perfectamente a la sequía (Douxchamps, 2010).

El desarrollo de investigaciones sobre forrajes para ganadería permite tener una mayor eficiencia en la producción y se estima que pueden contribuir, entre un 60-80%, al secuestro de carbono emitido por la ganadería (Peters *et al.*, 2012). Así, se ha comprobado que las gramíneas tienen una baja productiva (Wilkins, 2000), siendo difícil de cultivar en épocas de sequía, lo que se relaciona con una disminución del peso de la vaca y una disminución de la producción de leche (Barahona *et al.*, 2014).

Investigaciones realizadas con *Brachiaria mutica* (pasto) muestran que esta especie tiene un sistema radical que maximiza la extracción de humedad a lo largo del perfil del suelo, lo que permite mantener la turgencia y la actividad fotosintética hasta agotar la humedad disponible, haciendo propicia su utilización en suelos ganaderos con limitaciones de agua (Ellsworth *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2013; Hernández, 2015).

En especies como *B. decumbens* y *B. brizantha*, el patrón de extracción de humedad se restringe a los primeros horizontes (0-30 cm), respondiendo al

déficit hídrico con un rápido cierre estomático y una menor producción de biomasa foliar, lo que permite inferir una adaptación a periodos de sequía cortos y/o suelos con una alta humedad disponible en los horizontes superficiales. En cuanto a las *B. humidícola* y *B. dictyoneura*, estas tienen una menor variación en la producción de biomasa, contenido de agua y fotosíntesis al ser sometidas a la sequía, por lo cual pueden ser más exitosas en periodos de sequías más largos (Brodersen *et al.*, 2016).

Las especies leguminosas tienen alta resistencia a la sequía, debido a que las raíces pivotantes les permiten extraer agua de las capas más profundas del suelo; destacan, como forrajes potenciales para la alimentación del ganado vacuno en épocas secas, la *Cratylia argétea*, *Lablab purpureus*, *Desmanthus virgatus* y *Canavalia brasiliensis* (Kabirizi *et al.*, 2013). Incluso, las leguminosas son especies que también pueden contribuir a la reducción de las emisiones de metano entre un 15-30% (Kamra *et al.*, 2010).

La resistencia de los cultivos forrajeros a condiciones de sequía permite que el suministro de alimento para el ganado vacuno sea estable, mitigando incluso el efecto de los agentes erosivos y, por ende, contribuyendo con el ciclo hidrológico (Castro *et al.*, 2017). Aún así, no hay consenso sobre qué tipo de cultivo representa un mejor desarrollo ante la sequía y sus efectos en la industria agropecuaria, ya que esto depende del tipo de suelo (Zargar *et al.*, 2011).

De esta forma, y aunque hay estudios sobre diferentes variables producidas por la sequía y su relación con la producción agrícola y ganadera, estos carecen de una consideración explícita de informaciones relativas a la retención de agua en el suelo o las respuestas de los cultivos (Parsons *et al.*, 2019).

En zonas áridas de Estados Unidos, la sequía es uno de los problemas más importantes que amenazan a la industria láctea en la actualidad. Para los productores, el riego destinado a alimentos en crecimiento presenta el mayor desafío, por la utilización de agua (Saylor *et al.*, 2018). De hecho, el agua utilizada para cultivar los forrajes que alimentan al ganado de estas regiones, representa más del 90% del agua utilizada para apoyar la producción de leche. Y este problema se agrava con la disminución de los niveles de agua subterránea. Esto hace que no se puedan producir alimentos como alfalfa y maíz, que son cultivos de forraje con importantes demandas de agua (Saylor *et al.*, 2018).

Los cultivos forrajeros eficientes en agua con un valor nutricional aceptable podrían resultar una alternativa atractiva a los cultivos forrajeros tradicionales. El *Eragrostis tef* (llamado comúnmente como teff o tef) es un césped, originario de Etiopía, que está bien adaptado a las condiciones áridas, y ha sido utilizado como un cultivo de grano para el consumo humano y cultivo de forraje (Miller,

2011). Se ha comprobado que este producto es altamente nutritivo para el ganado (Saylor *et al.*, 2018).

El sorgo es de mucho interés como alimento para el ganado por su uso como cultivo bioenergético. Es un cultivo resistente a la sequía y al calor, siendo muy utilizado en las regiones áridas. Este cultivo requiere temperaturas altas para su desarrollo y suele tener una mayor adherencia a suelos alcalinos, con un pH entre 6,2 y 7,8. Las características de este cultivo suelen manifestarse por una buena producción del grano, un tallo fuerte, uniformidad de altura y no suele presentar macollos secundarios (INFOAGRO, 2019).

Se han realizado estudios sobre la relación entre el sorgo y su producción de biomasa y la acumulación de dióxido de carbono (Wu *et al.*, 2009). También, se ha comprobado que el uso de biosólidos, provenientes de plantas de tratamiento de aceite proveniente de olivas, mejora los principales parámetros agro-fisiológicos y bioquímicos del sorgo, como la altura de los tallos, el grosor de los tallos, el número de hojas, las circunferencias de las hojas, la longitud de las raíces, la productividad de las plantas, el contenido de proteínas y las tasas de elementos minerales esenciales para las plantas (Bargougui *et al.*, 2019).

La hierba merker es otro tipo de forraje, basado en yerba de corte. Estas plantas tienen contenidos nutricionales modestos, pero con manejos adecuados pueden jugar un gran papel en la explotación ganadera en general y lechera en particular (De Lara, 2014). En relación con el cultivo de transvala, esta tiene un valor nutritivo con un rango que va desde 3 a 13% de contenido de proteína cruda y una digestibilidad in vitro de la materia orgánica entre el 45 a 73%. El pasto transvala se utiliza como fuente de fibra para la nutrición de ganado (Guanapacas, 2012).

Por su parte, y según la FAO (2019), la caña de azúcar es una planta rica en carbohidratos, pero pobre en proteínas (3%). Su digestibilidad se encuentra alrededor del 60%, lo que la coloca como un forraje de baja calidad, el cual debe ser suplementado adecuadamente con proteínas, urea y minerales para mejorar la respuesta animal. El consumo de su corteza no causa efectos negativos en el comportamiento animal (Preston *et al.*, 1977).

La caña de azúcar constituye una fuente de forraje en los periodos de sequía, debido a que posee gran adaptación al medio; también presenta un alto rendimiento, es tolerante a insectos, plagas y enfermedades y tiene una alta digestibilidad aun en estado de madurez del 50 a 65 %; su forraje es rico en carbohidratos solubles (16 a 22° Brix) y en fibra (48%), pero pobre en proteínas. Algunos estudios aún no dejan clara la relación entre consumo de caña de azúcar y rendimiento del ganado (Chizzotti *et al.*, 2015).

En relación con el cultivo del maíz, este se ha comprobado que mejora el rendimiento y la eficiencia de alimentación en el ganado lechero (Ferraretto

et al., 2013). El maíz puede aumentar la síntesis de proteínas microbianas (Bernard *et al.*, 2004). También se conoce que el nivel de proteínas puede cambiar la ingesta, la digestibilidad y el comportamiento alimentario de las vacas lecheras de alta producción (Rafiee-Yarandi *et al.*, 2019). Para algunos investigadores, y transfiriendo genes a la planta, este cultivo puede ser tolerante a la sequía (Nguyen *et al.*, 2013).

El nopal, por su parte, es una planta altamente resistente a la sequía, debido a su fisiología, estructura anatómica y morfológica, siendo una alternativa real para los suelos de regiones semiáridas. Es una alternativa potencial para la alimentación del ganado, por su alto contenido en agua (hasta 90%) y energía (3.8kcal/kg MS), lo que favorece su aprovechamiento como fuente de suministro de agua y energía para el ganado (DIGEGA, 2018). En relación con el mavuno híbrido, este genera una alta producción de biomasa de excelente calidad bromatológica, presentando un elevado nivel de digestibilidad; tiene un sistema radicular robusto que le permite resistir la sequía y tener un rápido rebrote (LEGUMINUTRE, 2019).

La bermuda costera es muy utilizada en regiones de clima cálido por varias razones. Las principales son: a) una mayor producción de pasto y de heno por hectárea a un menor costo que otros forrajes; b) una mayor tolerancia al sobrepastoreo; c) una mayor cantidad de materia seca (de 25 a 30%) cuando se corta; y d) una mayor tolerancia a la sequía. Los híbridos de pasto bermuda no toleran bien los suelos con drenaje pobre donde se acumula el agua. Este pasto es muy competitivo y suele propagarse muy rápidamente, por lo que no se cultiva en combinación con otros pastos, pero sí puede cultivarse junto con algunas leguminosas que sean también competitivas (Meleán, 2014).

CONCLUSIONES

En los últimos años se han realizados numerosas investigaciones en relación con el uso de cultivos forrajeros en industrias ganaderas afectadas por problemas de sequía (Parsons *et al.*, 2019). En República Dominicana se implementan diversos cultivos forrajeros, destacando la hierba merker, transvala, caña de azúcar, bermuda costera y maíz. Según ganaderos de la región noroeste, estos cultivos son habituales para alimentar el ganado. Aunque en República Dominicana no se han estudiado en profundidad, sí han sido objeto de investigación en otros países del continente americano.

Por tanto, realizar investigaciones científicas para conocer el comportamiento de estas variedades de forrajes es de suma importancia para garantizar el desarrollo sostenible de la industria agropecuaria. De esta manera, se aportarían nuevos conocimientos acerca del potencial nutricional y resistencia a la sequía de los diferentes cultivos forrajeros que se utilizan en la República Dominicana.

De esta manera, se sentarían las bases para el uso eficiente y sostenible de los recursos forrajeros destinados a consumo de ganado vacuno, pudiendo así establecer informaciones que disminuyan los recursos que el Gobierno invierte para mitigar los efectos de la sequía en la ganadería.

BIBLIOGRAFIA

Bargougui, L., Guergueb, Z., Chaieb, M., Braham, M., & Mekki, A. (2019). Agro-physiological and biochemical responses of Sorghum bicolor in soil amended by olive mill wastewater. *Agricultural Water Management*, 212, 60-67.

Bernard, J. K., Chandler, P. T., West, J. W., Parks, A. H., Amos, H. A., Froetschel, M. A., & Trammell, D. S. (2004). Effect of supplemental L-lysine-HCl and corn source on rumen fermentation and amino acid flow to the small intestine. *Journal of dairy science*, 87(2), 399-405.

Brodersen, C. R., Rico, C., Guenni, O., & Pittermann, J. (2016). Embolism spread in the primary xylem of *Polystichum munitum*: implications for water transport during seasonal drought. *Plant, Cell & Environment*, 39(2), 338-346.

Castro, R. E., Sierra, E., Mojica, J. E., Carulla, J. E., & Lascano, C. E. (2017). Efecto de especies y manejo de abonos verdes de leguminosas en la producción y calidad de un cultivo forrajero utilizado en sistemas ganaderos del trópico seco. *Archivos de Zootecnia*, 66(253), 99-106.

Chizzotti, F. H. M., Pereira, O. G., Valadares Filho, S. C., Chizzotti, M. L., Rodrigues, R. T. S., Tedeschi, L. O., & Silva, T. C. (2015). Does sugar cane ensiled with calcium oxide affect intake, digestibility, performance, and microbial efficiency in beef cattle? *Animal Feed Science and Technology*, 203, 23-32.

DIGEGA (2018). *Modelo ganadero para zonas secas de la República Dominicana*. Santo Domingo, Dirección General de Ganadería (DIGEGA).

Douxchamps, S. (2010). Integration of *Canavalia brasiliensis* into the crop-livestock system of the Nicaraguan hillsides: environmental adaptation and nitrogen dynamics. *Dissertation submitted to degree of Doctor of Sciences*. ETH Zurich. Group of Plant Nutrition, Institute of Plant Sciences, ETH Zurich, pp. 26.

Ellsworth, L. M., Litton, C. M., Taylor, A. D., & Kauffman, J. B. (2013). Spatial and temporal variability of guinea grass (*Megathyrsus maximus*) fuel loads and moisture on Oahu, Hawaii. *International Journal of Wildland Fire*, 22(8), 1083-1092.

Ferraretto, L. F., Crump, P. M., & Shaver, R. D. (2013). Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and

milk production by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 96(1), 533-550.

Gómez, S., Guenni, O., & Bravo de Guenni, L. (2013). Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *B rachiaria decumbens* Stapf. *Grass and Forage Science*, 68(3), 395-407.

Hernández, F. (2015). Establecimiento y evaluación del guineo *Panicum maximum* cv. Massai en la hacienda Guachicono del Bordo, Patía (Cauca). *Revista Ciencia Animal*, 1(9), 125-154.

INFOAGRO (2019). El cultivo del sorgo. Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/sorgo.htm>

Kabirizi, J., Ziiwa, E., Mugerwa, S., Ndikumana, J., & Nanyennya, W. (2013). Dry season forages for improving dairy production in smallholder systems in Uganda. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 1(2), 212-214.

Kamra, D. N., Chaudhary, L. C., Singh, R., & Pathak, N. N. (2010). Influence of feeding probiotics on growth performance and nutrient digestibility in rabbits. *World Rabbit Science*, 4(2), 85-88.

LEGUMINUTRE (2019). Mavuno. Disponible en: <http://leguminutre.com/mavuno.pdf>

Meleán, G. (2014). Algunos tipos de pasto de bermuda para forraje. Información disponible en: <http://agric-inter.blogspot.com/2014/12/algunos-tipos-de-pasto-bermuda-para.html>

Miller, D. (211). *Teff grass: Crop overview and forage production guide*. Disponible en: <http://teffgrass.com/wp-content/themes/tg/downloads/TeffGrassManagementGuide.pdf>

Mojica, R.J.E., Castro, R.E., Hortua, C.H., Silva, Z.J.E., & García, L. (2013). Producción y calidad composicional de la leche en función de la alimentación en ganaderías doble propósito del departamento del Cesar. *Boletín de investigación. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*. Valledupar, Colombia: CORPOICA.

Nguyen, T. X., Nguyen, T., Alameldin, H., Goheen, B., Loescher, W., & Sticklen, M. (2013). Transgene pyramiding of the HVA1 and mt1D in T3 maize (*Zea mays* L.) plants confers drought and salt tolerance, along with an increase in crop biomass. *International Journal of Agronomy*, 1-10.

Parsons, D. J., Rey, D., Tanguy, M., & Holman, I. P. (2019). Regional variations in the link between drought indices and reported agricultural impacts of drought. *Agricultural Systems*, 173, 119-129.

Peters, M., Rao, I. M., Fisher, M. J., Subbarao, G. V., Martens, S., Herrero, G., & Hyman, G. (2012). *Tropical forage-based systems to mitigate greenhouse gas emissions*. Palmira, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).

Preston, T. R. (1977). Nutritive value of sugar cane for ruminants. *Tropical Animal Production*, 2(2), 125-142.

Rafiee-Yarandi, H., Alikhani, M., Ghorbani, G. R., Heydari, M., & Rezamand, P. (2019). Dietary protein level and corn processing method: Intake, digestibility, and feeding behavior of lactating dairy cows. *Livestock Science*, 221, 19-27.

Rey, D., Holman, I. P., Daccache, A., Morris, J., Weatherhead, E. K., & Knox, J. W. (2016). Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate. *Agricultural Water Management*, 173, 13-22.

Saylor, B. A., Min, D. H., & Bradford, B. J. (2018). Productivity of lactating dairy cows fed diets with teff hay as the sole forage. *Journal of Dairy Science*, 101(7), 5984-5990.

Tui, S. H. K., Valbuena, D., Masikati, P., Descheemaeker, K., Nyamangara, J., Claessens, L., ... & Nkomboni, D. (2015). Economic trade-offs of biomass use in crop-livestock systems: Exploring more sustainable options in semi-arid Zimbabwe. *Agricultural Systems*, 134, 48-60.

Wilhite, D. A., Sivakumar, M. V., & Pulwarty, R. (2014). Managing drought risk in a changing climate: The role of national drought policy. *Weather and Climate Extremes*, 3, 4-13.

Wilkins, R. J. (2000). Forages and their role in animal systems. *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*, CAB International, 1-14.

Wu, H., Tang, S., Zhang, X., Guo, J., Song, Z., Tian, S., & Smith, D. L. (2009). Using elevated CO₂ to increase the biomass of a *Sorghum vulgare* × *Sorghum vulgare* var. *sudanense* hybrid and *Trifolium pratense* L. and to trigger hyperaccumulation of cesium. *Journal of hazardous materials*, 170(2-3), 861-870.

Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., & Khan, F.I. (2011). A review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19, 333-349.

Recibido: 17/04/2019

Reenviado: 21/04/2019

Aceptado: 26/04/2019

Sometido a evaluación de pares anónimo