



CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

VOLUMEN 4, NÚMERO 1, JULIO-DICIEMBRE 2022.



Fotografía cortesía de Raul Berdeja Arbeu

CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO,
Volumen 4, Número 1, julio-dicimebre 2022.

Reserva del Derecho al Uso Exclusivo No. 04-2019-070812475100-203, ISSN: 2683-2771



C O N T E N I D O

ARTÍCULO CIENTÍFICO	
FERTILIZACIÓN FOLIAR ORGÁNICA EN ARÁNDANO VARIEDAD 'OJO DE CONEJO' EN HUEYAPAN, PUEBLA González-Julián, J.E.; Berdeja-Arbeu, R.; Pérez-Marroquín, G.J.; Escobar-Hernández, R.; Domínguez- Perales, L.A.; Zaldívar-Martínez, P.	1-13
LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO CURRICULAR DE UN PROGRAMA AGROPECUARIO, CON ENFOQUE TERRITORIAL RURAL EN COLOMBIA Palacio Martínez, J.A.; Restrepo Escobar, F.E.	14-38
ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN FORESTAL: PROGRAMA DE SOCIOECONOMÍA DEL CENID COMEF (1994 – 2020) Moctezuma-López, G.; Flores A.; Pérez-Miranda, R.; González-Hernández, A.; Díaz-Correa A.; Ortiz-Reyes, A.D.; Reséndiz-Martínez J.F.; Romero-Sánchez, M E.; Moreno-Sánchez, F.	39-52
CUANTIFICACIÓN DE DECORINA POR PCR EN TIEMPO REAL E INMUNOLocalización EN MÚSCULO DE VACAS HOLSTEIN Mendoza-Carrillo, J.M.; Sanzón-Gómez, D.; González-Rodríguez, E.; García-Munguía, C.A.	53-74
RESPUESTA DE UN RECONSTITUYENTE METABÓLICO EN OVEJAS SINCRONIZADAS CON CIDR UTILIZADOS POR SEGUNDA VEZ Hernández-Marín, J.A.; Guerrero-Escobedo, P.S.; Gutiérrez-Chávez, A.J.; Fraire-Cordero, S.	75-86

Consejo Editorial

Dr. Braulio Edgar Herrera Cabrera
**Colegio de Postgraduados
Campus Puebla, México**

Dr. José Luis Trejo Espino
CeProBi-IPN, Mexico

Ph.D. Julio S. Bernal
TEXAS A&M, USA

Ph.D. Sandra Flores García
Université Laval, Canadá

Mtra. Anna Faucher
ONG Let's Food, Francia

Ph.D. Julie V. Stanton
Penn State Brandywine

Comité Editorial

Director

Dr. Jesús Hernández Ruíz

Editor en Jefe

Dra. Ana Isabel Mireles Arriaga

Editores Asociados

Dr. Jorge Eric Ruiz Nieto
Dra. Paula C. Isirdia Lachica

Asistentes

Dr. Alberto Saldaña Robles
Dr. Ricardo Alberto Rodríguez Carbajal

Contacto de soporte

✉ reiagro@ugto.mx

☎ 01(462) 624 1889 ext 5225, 5221



**CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO**



Campus Irapuato-Salamanca

División de Ciencias
de la Vida
Departamento de
Agronomía



Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Universidad de Guanajuato, Consejo Editorial y Comité Editorial de la revista. Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

CIENCIA E INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA DE LA UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO, Volumen 4, No. 01, agosto-diciembre 2022, es una publicación semestral editada por la Universidad de Guanajuato, Lascuráin de Retana 5, Col. Centro, Guanajuato, Gto, C.P. 36000, Tel (473)730006, a través del Cuerpo académico I+D para el sector agroalimentario de la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato del Campus Irapuato-Salamanca www.reiagro.ugto.mx, reiagro@ugto.mx. Editores responsables: Jesús Hernández Ruíz y Ana Isabel Mireles Arriaga. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2019-070812475100-203, ISSN: 2683-2771, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este Número, Dirección de Comunicación y Enlace Universidad de Guanajuato, Ing. Vicente Chávez Aguilera,

FERTILIZACIÓN FOLIAR ORGÁNICA EN ARÁNDANO VARIEDAD 'OJO DE CONEJO' EN HUEYAPAN, PUEBLA^a

ORGANIC FOLIAR FERTILIZATION IN BLUEBERRY VARIETY 'RABBIT EYE' IN HUEYAPAN, PUEBLA

González-Julián, J. E¹; Berdeja-Arbeu, R^{1*}; Pérez-Marroquín, G. J¹, Escobar-Hernández, R¹, Domínguez- Perales, L.A¹, Zaldívar-Martínez, P.¹

¹ *Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. Avenida Universidad sin número, C. P. 73965. * E-mail: raulberdeja@yahoo.com.mx*

Fecha de envío: 08, julio, 2022

Fecha de publicación: 16, diciembre, 2022

Resumen:

La fertilización foliar en el cultivo de arándano ayuda a mejorar el rendimiento y la calidad de los frutos. El trabajo experimental se realizó de enero a junio de 2021 en el cultivo de arándano variedad 'Ojo de Conejo' en Hueyapan, Puebla, México. El objetivo del trabajo fue evaluar dosis de 1, 2 y 3 % de fertilización foliar orgánica. El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones, utilizando un arbusto como unidad experimental. El tratamiento fertilización foliar 3 % mostró mayor peso de fruto en las cuatro fechas de evaluación con 1.66 g, 1.74 g, 2.20 g y 2 g superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. El contenido de sólidos solubles totales en fruto máximo en las cuatro fechas de cosecha fue en el tratamiento 3 % de fertilización foliar con 13.9, 14.6, 14.7 y 14.2. La mayor área foliar fue de 164 cm² con fertilización foliar 3 % y menor en el testigo con 108 cm² con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

Palabras clave: *Vaccinium ashei*, extractos de algas, peso de fruto, sólidos solubles totales.

Abstract:

Foliar fertilization in blueberry cultivation helps to improve the yield and quality of the fruits. The experimental work was carried out from January to June 2021 in the 'Ojo de Conejo' blueberry crop in Hueyapan, Puebla, Mexico. The objective of the work was to evaluate doses of 1, 2 and 3% of organic foliar fertilization. The experimental design was completely randomized blocks with 4 treatments and 5 repetitions, using a bush as the experimental unit. The 3 % foliar fertilization treatment showed higher fruit weight in the four evaluation dates with 1.66 g, 1.74 g, 2.20 g and 2 g, statistically surpassing ($p \leq 0.05$) the other treatments. The maximum content of total soluble solids in the fruit in the four harvest dates was in the 3 % foliar fertilization treatment with 13.9, 14.6, 14.7 and 14.2. The largest leaf area was 164 cm² with 3 % foliar fertilization and less in the control with 108 cm² with statistical differences ($p \leq 0.05$).

Keywords: *Vaccinium ashei*, seaweed extracts, fruit weight, total soluble solids.

^aTrabajo de investigación realizado en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan 4,908 ha de arándano, el estado de Puebla cuenta con 229 ha y rendimiento promedio de fruto de 6.63 t·ha⁻¹. En el municipio de Hueyapan, Puebla, se producen 9.75 ha con rendimiento promedio de 4.32 t·ha⁻¹ (SIAP, 2019). El arándano pertenece a la familia de las Ericáceas, se menciona que existen más de 30 especies (Gordo, 2011). Algunas de las variedades son: 'Biloxi', 'Sharp Blue', 'Mystic', 'Legacy' y 'Ojo de Conejo' (Morales et al., 2015).

La variedad 'Ojo de Conejo' se caracteriza por que son arbustos con altura de 5 a 6 m (sin podar), frutos pequeños con buen sabor (Gordo, 2011), tolerantes a la sequía y pudrición de raíz por *Phytophthora*, requieren polinización cruzada y la época de cosecha es de mayo a Julio (Williamson y Lyrene, 1994).

Existen diferentes factores que modifican el rendimiento y calidad de frutos en arándano como son: poda (Muñoz et al, 2017), utilización de malla sombra (Rodríguez et al., 2015) y fertilización foliar (Gerbrandt et al., 2019).

La fertilización foliar se utiliza para corregir las deficiencias nutrimentales en los cultivos, mejora el vigor de las plantas, rendimiento y calidad de los frutos, algunos factores que influyen en la fertilización foliar son: pH de la solución, surfactantes, adherentes, presencia de sustancias activadoras, nutrimento y el ion acompañante de la aspersión, concentración de la solución, temperatura, luz, humedad relativa y hora de aplicación (Trinidad y Aguilar, 1999). Srivastava y Singh (2003) indican otros factores como son edad de la hoja, cutícula, estomas, tricomas, turgencia de la hoja y condición nutricional de la planta.

En la actualidad se utilizan en la agricultura bioestimulantes que son sustancias o microorganismos que mejoran la absorción y asimilación de minerales y dan tolerancia a las plantas a estrés. Los bioestimulantes se clasifican en ácidos húmicos y fúlvicos, aminoácidos, extractos de plantas y algas, quitosanos, compuestos inorgánicos (elementos beneficiosos), hongos y bacterias (Du Jardin, 2015 y Rodrigues et al., 2020). Los extractos de algas marinas son biofertilizantes que ayudan en el aumento del rendimiento de los cultivos, se aplican de manera líquida y en polvo al suelo y al follaje, estos fertilizantes contienen vitaminas, reguladoras del crecimiento, minerales, compuestos orgánicos entre otras sustancias (Zermeño et al., 2015).

En el municipio de Hueyapan, Puebla, se produce arándano, sin embargo, el rendimiento y la calidad de fruto se ven afectados por que no tienen un programa técnico de control de plagas, enfermedades, podas, fertilización al suelo y foliar lo que ocasiona la disminución en rendimiento y calidad de fruto. Y dado que, en la literatura se mencionan que la implementación de fertilización foliar y bioestimulantes se puede incrementar el rendimiento y la producción de arándano (Lobos y Pinilla, 2011; Ochmian, 2012; Morales et al., 2015 y Cortez et al., 2016). El objetivo de evaluar el efecto de tres dosis de fertilización orgánica foliar en el cultivo de arándano 'Ojo de Conejo' en rendimiento y calidad de fruto, y la hipótesis: la fertilización orgánica foliar en dosis de 3 % tiene un efecto positivo sobre el crecimiento vegetativo del arándano, además de aumentar el rendimiento y calidad de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El presente trabajo se realizó de enero a julio del 2021 en el huerto productor de arándano "La Caprichosa" ubicado en la localidad de Barrio Alto, municipio de Hueyapan, Puebla, con coordenadas 19° 52' 37.82" Latitud Norte y 97° 26' 46.38" Longitud Oeste (GPS). Se identifican dos climas: clima templado húmedo con lluvias todo el año, se presenta en un área reducida del sur del municipio y clima semicálido subhúmedo con lluvia todo el año, se presenta al noreste del Municipio (INAFED, 2010).

Material genético y manejo agronómico

El material vegetal que se utilizó fueron arbustos de arándano 'Ojo de Conejo' de 5 años, con distancia de plantación de 1 X 1.5 m, el control de maleza fue manual, el control de plagas (Ultralux S 5 mL·L⁻¹) y enfermedades (Serenade 5 mL·L⁻¹) se realizó dependiendo la incidencia de las mismas con productos orgánicos.

Diseño de tratamientos

Se evaluaron tres concentraciones de foliar (Cuadro 1), el cual tenía la siguiente composición Nitrógeno total (1.1200 %), Fósforo (0.8200 %), Potasio (5.6600 %), Calcio (0.2400 %), Magnesio (0.1400 %), Azufre (0.2300 %), Sodio (1.2600 %), Manganeso (0.0004 %), Hierro (0.0028 %), Zinc (0.0007 %), Boro (0.1200 %).

Cuadro 1. Diseño de tratamientos.

Table 1. Treatment design.

Tratamiento	Época
Fertilizante foliar 1 %	Cada 30 días desde inicio de brotación hasta cosecha
Fertilizante foliar 2 %	Cada 30 días desde inicio de brotación hasta cosecha
Fertilizante foliar 3 %	Cada 30 días desde inicio de brotación hasta cosecha
Testigo	Sin aplicación

Variables de estudio

Se marcaron cuatro ramas por arbusto de 25 a 30 cm y se evaluó: i) número de racimos de frutos por rama. Se contó el número de racimos por rama; ii) número de frutos por racimo a cosecha. De la parte media de la rama se tomó un racimo y se contó el número de frutos a cosecha.

Se realizaron diferentes cosechas, de cada tratamiento se tomaron al azar 30 frutos y se les evaluó: iii) peso de fruto. El fruto se pesó en gramos en báscula digital, marca Ohaus[®] modelo Scout Pro; iv) diámetro ecuatorial de fruto. El fruto se midió en centímetros con vernier marca Truper[®]; v) diámetro polar de fruto. El fruto se midió en centímetros con vernier marca Truper[®]; vi) relación diámetro polar-diámetro ecuatorial. Se dividió el diámetro polar entre el diámetro ecuatorial; vii) sólidos solubles totales. De cada fruto se tomaron 3 gotas y se evaluó con un refractómetro marca Hanna[®], modelo HI96801; viii) área foliar. Para esta variable se evaluó sólo una fecha (25 de mayo de 2021) de cada repetición por tratamiento se tomaron 4 hojas sanas de la parte media de la copa y se midió el área foliar, se empleó el programa ImageJ[®].

Análisis estadístico

El diseño que se utilizó fue en bloques al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones, se empleó una planta como unidad experimental. Se realizaron análisis de varianza y pruebas de medias por el método de Tukey ($p \leq 0.05$). Se utilizó el programa de cómputo SAS.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de racimos de frutos por rama

El mayor número de racimos de frutos por rama fue de 10.68 en el tratamiento 3 % de fertilización foliar y menor en el testigo con 4.06 con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 2). El número de racimos por rama posiblemente afecte la calidad y tamaño de fruto. En el cultivo de durazno el raleo de fruto aumenta el peso de fruto (Parra et al., 2014). Por otra parte esto se puede solventar con fertilización foliar (Ochmian, 2012).

Cuadro 2. Número de racimos de fruto por rama en arándano con fertilización foliar.

Table 2. Number of fruit clusters per branch in blueberry with foliar fertilization.

Tratamiento	Número de racimos por rama
1 %	8.37 b
2 %	9.68 ab
3 %	10.68 a
Testigo.	4.06 c
¹ CV	28.18
² DMSH	2.16

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). ¹CV: coeficiente de variación. ²DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

Número de frutos por racimo a cosecha

El mayor número de frutos por racimos fue en el tratamiento 3 % de fertilización con 5.43 frutos y menor en el testigo con 3.62 frutos con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 3).



Cuadro 3. Frutos por racimo a cosecha en arándano con fertilización foliar..

Table 3. Fruits per bunch at harvest in blueberry with foliar fertilization.

Tratamiento	Número de frutos por racimo*
1 %	4.62 ab
2 %	5.06 a
3 %	5.43 a
Testigo	3.62 b
¹ CV	27.64
² DMSH	1.21

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey. ($p \leq 0.05$). ¹CV: coeficiente de variación. ²DSMH: diferencia mínima significativa honesta.

Primera cosecha

Se realizó el 26 de mayo del 2021. El peso de fruto máximo fue de 1.66 g en el tratamiento de 3 % el cual superó estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. El mayor diámetro polar de fruto fue de 1.18 g en el tratamiento 3 % con fertilización foliar superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. El mayor diámetro ecuatorial de fruto fue en el tratamiento al 3 % de fertilizante foliar con 1.47 cm superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. La relación diámetro polar/diámetro ecuatorial osciló de 1.52 en el testigo a 1.92 cm en el tratamiento 3 % de fertilización foliar con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El mayor contenido de sólidos solubles totales fue de 13.99 en el tratamiento 3 % de fertilización foliar y menor en el tratamiento 1 % de fertilización foliar con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 4).

Existen diferentes factores que van a modificar el rendimiento y calidad de la fruta de arándano como es la poda (Pescie et al., 2011), variedad utilizada y año de evaluación (Andersen et al., 2009) y fertilización foliar (Ochmian, 2012). La aplicación de bioreguladores en arándano puede obtener frutos fue de 1.87 g con aplicaciones de benziladenina en dosis de $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ y menor de 1.50 g con aspersiones de $10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de acida naftalenacetico (Milic et al., 2018).

Cuadro 4. Peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, relación diámetro polar/diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales en frutos de arándano, con fertilización foliar.

Table 4. Fruit weight, polar diameter, equatorial diameter, polar diameter / equatorial diameter ratio and total soluble solids in blueberry fruits, with foliar fertilization.

Tratamiento	Peso de fruto (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro p/Diámetro e (cm)	Sólidos solubles totales (°brix)
1 %	1.05 c	0.99 c	1.19 c	1.58 c	13.12 b
2 %	1.22 b	1.07 b	1.29 b	1.72 b	13.38 ab
3 %	1.66 a	1.18 a	1.47 a	1.92 a	13.99 a
Testigo	0.94 c	0.95 c	1.14 c	1.52 c	13.26 ab
¹ CV	14.86	7.19	7.18	5.87	8.54
² DMSH	0.13	0.05	0.06	0.07	0.86

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). ¹CV: coeficiente de variación. ²DSMH: diferencia mínima significativa honesta.

Segunda cosecha

Se realizó el 29 de mayo del 2021. El mayor peso de fruto fue de 1.74 g en el tratamiento de fertilización al 3%, superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. El mayor diámetro polar fue de 1.26 cm en el tratamiento de 3% y menor de 0.88 cm en el testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 5).

La fertilización al 3% obtuvo el mayor diámetro ecuatorial de fruto con 1.46 cm y superó estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. La relación diámetro polar diámetro ecuatorial fue de 1.37 en el testigo a 1.99 cm en el tratamiento 3 % con fertilización foliar con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El mayor contenido de sólidos solubles totales fue de 14.63 en el tratamiento 3 % con fertilización foliar y menor en el testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 5). Por su parte Ochmian (2012) realizando aplicaciones de calcio al follaje en arándano reportó que en sólidos solubles totales no se presentan diferencias estadísticas y los valores oscilaron de 13.2 a 13.7 cm. Sin embargo las variables que se modifican son acidez titulable, pH de jugo, polifenoles, vitamina C y color de fruto.

Cuadro 5. Peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, relación diámetro polar/diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales en frutos de arándano, con fertilización foliar.

Table 5. Fruit weight, polar diameter, equatorial diameter, polar diameter / equatorial diameter ratio and total soluble solids in blueberry fruits, with foliar fertilization.

Tratamiento	Peso de fruto (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro p/Diámetro e (cm)	Sólidos solubles totales (°brix)
1 %	1.02 c	1.0 c	1.15 c	1.57 c	13.10 b
2 %	1.27 b	1.12 b	1.29 b	1.77 b	13.50 b
3 %	1.74 a	1.26 a	1.46 a	1.99 a	14.63 a
Testigo	0.79 d	0.88 d	0.98 d	1.37 d	11.74 c
¹ CV	10.66	4.77	5.56	4.36	8.49
² DMSH	0.09	0.03	0.05	0.05	0.85

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) ¹CV: coeficiente de variación. ²DSMH: diferencia mínima significativa honesta.

Tercera cosecha

Se realizó el 31 de mayo del 2021. El tratamiento con fertilización foliar al 3 % mostró mayor peso de fruto con 2.20 g, diámetro polar con 1.29 cm y diámetro ecuatorial con 1.57 cm, superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. La relación diámetro polar diámetro ecuatorial fue de 1.42 en el testigo a 2.07 en el tratamiento 3 % con fertilización foliar con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$). El mayor contenido de sólidos solubles totales fue de 14.79 con fertilización foliar al 3 % y menor en el testigo con diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) (Cuadro 6).

Lobos y Pinilla (2011) realizando fertilización foliar en arándano encontraron que el calibre de fruto fue de 13.9 mm con foli cal a 14.2 mm con el tratamiento borocal y con aplicaciones de metalozate de calcio. Los sólidos solubles totales de 12.2 en el testigo sin aplicación y 12.8 con defender calcio.



Cuadro 6. Peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, relación diámetro polar/diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales en frutos de arándano, con fertilización foliar.

Table 6. Fruit weight, polar diameter, equatorial diameter, polar diameter / equatorial diameter ratio and total soluble solids in blueberry fruits, with foliar fertilization.

Tratamiento	Peso de fruto (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro p/Diámetro e (cm)	Sólidos solubles totales (°brix)
1 %	1.12 c	1.02 c	1.25 c	1.64 c	13.35 b
2 %	1.44 b	1.14 b	1.36 b	1.82 b	14.32 a
3 %	2.20 a	1.29 a	1.57 a	2.07 a	14.79 a
Testigo	0.78 d	0.89 d	1.07 d	1.42 d	11.84 c
¹ CV	12.65	5.88	5.71	5.03	8.28
² DMSH	0.13	0.04	0.05	0.06	0.84

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). ¹CV: coeficiente de variación. ²DSMH: diferencia mínima significativa honesta.

Cuarta cosecha

Realizada el 3 de junio del 2021. El tratamiento foliar 3 % mostró los mayores valores en peso de fruto (2 g), diámetro polar (1.22 cm), diámetro ecuatorial (1.52 cm) y relación diámetro polar-ecuatorial (1.98) superando estadísticamente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. El testigo logró el menor contenido de sólidos solubles totales con 12.14 y diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$).

La aplicación foliar de algas marinas mejoró las características físicas y químicas de fruto de arándano, esto producto de los contenidos de macronutrientes y micronutrientes. Resultados similares reportan Ochmian (2011) y Lobos et al. (2011) y Kumar et al. (2006) quienes mencionan que el potasio aplicado al follaje aumenta la calidad y tamaño de frutos en los diferentes cultivos. Se infiere que el contenido de sólidos solubles totales elevados en todos los tratamientos con fertilización foliar se debió a la fertilización, dado que Yáñez et al. (2020) mencionan que la fertilización al suelo aumenta los sólidos solubles en fruto de plátano.

Cuadro 7. Peso de fruto (g), diámetro polar (cm), diámetro ecuatorial (cm), relación diámetro polar/diámetro ecuatorial y sólidos solubles totales (°brix) en frutos de arándano, con fertilización foliar.

Table 7. Fruit weight (g), polar diameter (cm), equatorial diameter (cm), polar diameter / equatorial diameter ratio and total soluble solids (°brix) in blueberry fruits, with foliar fertilization.

Tratamiento	Peso de fruto (g)	Diámetro polar (cm)	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro p/Diámetro e (cm)	Sólidos solubles totales (°brix)
1 %	1.20 c	1.04 c	1.24 c	1.66 c	13.53 a
2 %	1.55 b	1.1 b	1.39 b	1.79 b	13.60 a
3 %	2.0 a	1.22 a	1.52 a	1.98 a	14.20 a
Testigo	0.77 d	0.87 d	1.03 d	1.39 d	12.14 b
¹ CV	10.09	6.63	5.03	4.58	7.99
² DMSH	0.10	0.05	0.04	0.05	0.80

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). ¹CV: coeficiente de variación, ²DSMH: diferencia mínima significativa honesta.

Área foliar

La fertilización foliar en dosis de 3 % mostró la máxima área foliar con 164 cm² y sólo superó estadísticamente ($p \leq 0.05$) al testigo con 108 cm² (Cuadro 8). La fertilización foliar estimulo crecimiento vegetativo, Milic et al. (2018) mencionan que la longitud y diámetro de la rama, número de hojas por brote, área foliar se modifica por la aplicación de bioreguladores en el cultivo de arándano.



Cuadro 8. Área foliar de arándano con fertilización foliar.

Table 8. Blueberry leaf area with foliar fertilization.

Tratamiento	Área foliar cm ²
1 %	144 a
2 %	161 a
3 %	164 a
Testigo.	108 b
¹ CV	9.03
² DMSH	28.88

Medias con las mismas letras en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). ¹CV: coeficiente de variación, ²DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

CONCLUSIONES

El mayor número de frutos por racimo, peso de fruto, contenido de sólidos solubles totales en arándano y el incremento del área foliar se obtuvo con el tratamiento al 3 %, por lo anterior se considera que la fertilización foliar orgánica a base de algas marinas en arándano es una alternativa que aumenta rendimiento y calidad de fruto.

LITERATURA CITADA

Andersen, P.C., Williamson, J.G., Miller, E.P. & Lyrene, P.M. (2009). Performance on ten cultivars of Rabiteye Blueberries in north Florida. *In Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 122: 7-9.

Cortez, R.M.E., Mesa, T.P.A., Grijalba, R.C.M., Pérez, T. M.M. (2016). Rendimiento y calidad de frutos de los cultivares de arándano Biloxi y Sharpblue en Guasca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, 34 (1), 33-41.

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.

Gerbrandt, E. M., Mouritzen C. & Sweeney M. (2019). Foliar calcium corrects a deficiency causing Green fruit drop in draper highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agriculture*, MDPI 9 (3):1-23.

Gordo, M. (2011). Guía práctica para el cultivo de arándano en la zona norte de la provincia de Buenos Aires Argentina. INTA.

INAFED. Instituto para el Federalismo y Desarrollo Municipal. (2010). Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México (Puebla). Consultado en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/index.html>

Kumar, A. R., Kumar, N. & Kavino, M. (2006). Role of potassium in fruit crops review. *Agricultural Reviews-Agricultural Research Communications Centre India*, 27, 284-291.

Lobos, M. T., Pinilla, H, P. (2011). Efecto de aplicación de calcio en la calidad de fruto de arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Elliot. *Idesia (Arica)*, 29, 69-64

Milic, B., Tarlanovic, J., Keserovic, Z., Magazin, N. & Miodragovic. (2018). Bioregulators can improve fruit size, yield and plant growth of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L). *Scientia Horticulturae*, 235, 214-220.

Morales, V., Morales, E., Ortega, L. & Gallardo, A. (2015). Evaluación de nuevas variedades de arándano cultivadas en Xicotepec. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, 2, 221-224.

Muñoz, V. P., Serri, H., Dolores, L. M., Faundez, M. & Palma, P. (2017). Efecto de diferentes intensidades de poda sobre el rendimiento y calidad de fruta de arándano (*Vaccinium Corymbosum* L.) cv. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 33(3), 285-294.

Ochmian, I., (2012) The impact foliar of calcium fertilizers on the quality o highbush blueberry fruits belonging the “Duke” cultivar. *Notulae botanicae horti agrobotanici Cluj-Napoca*, 40,163-169.

Parra, Q. R. A., Jacobo, C.J.L., Castro A. J., Salmerón, Z. J.J. (2014). Intensidad del raleo y calidad de fruto en durazno cv Baby Gold 8. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 5 (4), 549-559.



- Pescie, M., Borda, M., Fediszak P. & López, C. (2011). Efecto del momento y tipo de poda sobre el rendimiento y calidad de fruto en arándanos altos del sur (*Vaccinium corymbosum*) O'Neal en la provincia de Buenos Aires. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37, 268-274.
- Rodrigues, M., Corte, B.J.L., Horz D.C., Minatel B.L., Mazzafera P. (2020). Organic plant biostimulants and fruits quality-A Review. *Agronomy MDPI* 10 (7): 1-16.
- Rodríguez, B.M.M. & Morales, U.D.M. (2015). Efecto de mallas sombreadoras sobre la producción y calidad de fruto de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. *Scientia Agropecuaria*, 6, 41-50.
- SIAP. (2017). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Arándano. Consultado en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Srivastava, A.K. & Singh, S. (2003). Foliar fertilization in citrus – A review. *Agricultural Reviews*, 24(4), 250- 264.
- Trinidad, S. A. & Aguilar, M. D. (1999). Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra*, 17(3), 274-255.
- Williamson, J. & Lyrene, P. (1994). Guía para el cultivo de los arándanos en Florida. University of Florida. Ifas extension. U.S.A.
- Yáñez, B.W.D., Quevedo, G.J.N., García, B.R.M., Herrera, R.S.N. & Luna, R.A.E. (2020). Determinación de la relación carga química grados brix en hoja y fruto de banano clon Williams (*Musa x paradisiaca*). *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* 12(5), 421-430.
- Zermeño, G.A., Méndez, L.G., Rodríguez, G.R., Cadena, Z.M., Cárdenas, P.J.O., & Catalán, V.E.A. (2015). Biofertilización de Vid en relación con fotosíntesis, rendimiento y calidad de fruto. *Agrociencia* 49:875-877.



LINEAMIENTOS PARA EL DISEÑO CURRICULAR DE UN PROGRAMA AGROPECUARIO, CON ENFOQUE TERRITORIAL RURAL EN COLOMBIA^a

GUIDELINES FOR THE CURRICULAR DESIGN WITH A RURAL TERRITORIAL APPROACH OF AN AGRICULTURAL PROGRAM IN COLOMBIA

Palacio Martínez, J.A.¹; Restrepo Escobar, F.E.¹

¹Politecnico colombiano Jaime Isaza Cadavid. Carrera 48 # 7-151 Medellín-Colombia.

*E-mail: japalacio@elpoli.edu.co

Fecha de envío: 30, agosto, 2022

Fecha de publicación: 16, diciembre, 2022

Resumen:

Este artículo presenta resultados de una investigación que analizó el currículo de un programa tecnológico del área agropecuaria en Colombia. El enfoque metodológico fue el mixto. La integración de datos permitió evidenciar que el currículo del programa minimiza el componente socio-humanístico, en favor de la enseñanza de competencias funcionalistas adaptadas a la realidad tecno-económica, contrario a la visión integral prevista en el acuerdo de paz celebrado entre el gobierno Nacional y las fuerzas armadas revolucionarias de Colombia. Se concluye que el programa debe situarse en la ruralidad y hacer ajustes curriculares, pedagógicos y didácticos pertinentes con el enfoque territorial rural.

Palabras clave: Desarrollo rural, enfoque territorial, educación agropecuaria, análisis curricular

Abstract:

This article presents results of a research that analyzed the curriculum of a technological program in Colombian agricultural area. The methodological approach was a mixed one. The data integration showed that the program's curriculum minimizes the socio-humanistic component, in favor of functionalist teaching competences adapted to the techno-economic reality, contrary to the multidimensional vision provided in the peace agreement concluded between the National government and the revolutionary armed forces of Colombia. In conclusion the program should make curricular, pedagogical and didactic relevant adjustments with the rural territorial approach.

Keywords: rural development, territorial approach, agricultural education, curriculum analysis

^aProyecto de investigación análisis del currículo del programa tecnología agropecuaria en Colombia.

INTRODUCCIÓN

La privación del derecho a la propiedad de la tierra en Colombia ha sido históricamente un factor crítico y fuente de los mayores conflictos económicos, sociales, ambientales y políticos del medio rural. Precisamente por esta razón, el acuerdo celebrado entre el Gobierno Nacional y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia, FARC-EP, en 2016, plantea, entre otros aspectos, una propuesta de desarrollo rural tendiente a reducir los desequilibrios sociales derivados de las asimetrías estructurales, al cierre de brechas entre el medio rural y urbano, y a movilizar la capacidad de desarrollo endógeno del país (Palacio, 2017).

En el marco del acuerdo logrado, el primer punto aprobado fue la reforma rural integral, mediante la cual se busca el acceso al uso de la tierra y la formalización de la propiedad, a través de programas de desarrollo rural con enfoque territorial, este enfoque, supone que los pobladores del campo pasan de ser considerados objeto de una intervención asistencialista por parte de las instituciones públicas y privadas, a ser sujetos de desarrollo con plenos derechos, reconociendo las diferencias propias de las poblaciones que habitan los territorios (Gobierno Nacional de Colombia y Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia, ejército del Pueblo. FARC-EP, 2016) citado en Palacio (2017).

Este escrito aborda algunas distorsiones internas de la estructura agraria y rural en Colombia, que históricamente han afectado el ejercicio profesional de los graduados del área agropecuaria y rural, entre las cuales se mencionan, el conflicto armado interno, el acceso a tierras, la minería y la baja productividad y competitividad del sector agrario. En este contexto el enfoque territorial emerge, como un pilar para la ejecución de programas especiales de desarrollo que contribuyan a mitigar o corregir las problemáticas expuestas. Hay que anotar que si bien el concepto de enfoque territorial no es nuevo, los alcances del acuerdo logrado, lo sitúan en un contexto diferente que obliga a repensar las políticas de desarrollo agrario y rural, y reta a las Instituciones de educación superior a promover nuevos resultados de aprendizaje en los estudiantes, que fortalezcan la relación entre el proceso formativo y el mundo del trabajo, que, en este caso, es el mundo de la ruralidad (Kumar & Kumar, 2014).

Todos los esfuerzos institucionales deben estar dirigidos a mirar el territorio rural como una potencialidad transformadora, atravesado por fenómenos de injusticia social, pobreza e inseguridad humana y en ese contexto, el desafío de crear entornos seguros en el medio rural, para que los graduados del sector agrario puedan desplegar todo su potencial personal y profesional.

Algunos lineamientos curriculares, pedagógicos y didácticos para un programa de educación superior del área agropecuaria, teniendo como referente el enfoque territorial. La idea es formar profesionales que contribuyan a la construcción de una ciudadanía rural empoderada, aportando soluciones innovadoras y sostenibles a problemas tan complejos como, la baja productividad y competitividad del sector agrario y rural, la baja formación del capital humano en el medio rural, la pobreza, el deterioro del medio ambiente, la inequidad y la exclusión social.

Para contextualizar los retos que desde el enfoque territorial es necesario abordar, a continuación se presentan algunas distorsiones de la estructura agraria y rural en Colombia, origen de los conflictos.

El conflicto armado

Sin lugar a dudas, el conflicto armado es uno de los problemas que más ha afectado la estructura agraria en Colombia, los analistas de la violencia coinciden en afirmar que, es el resultado de una compleja relación de factores estructurales, asociados a dinámicas económicas, sociales, ambientales y político-institucionales. Uno de los problemas que Colombia no ha resuelto, incluyendo los casi seis años que lleva firmado el acuerdo con las FARC-EP, ha sido, la inequitativa distribución de la tierra. Admitiendo que es un factor crítico, es bueno precisar que la génesis del conflicto armado en Colombia, no descansa solamente en la privación del derecho a la tierra, allí convergen otros factores como, la falta de control estatal del territorio, la marginalidad y exclusión de la población rural, los bajos índices de cobertura escolar, la pobreza extrema o indigencia, la falta de acceso a la infraestructura y a los servicios básicos, que, sumado a la represión de los brotes de inconformismo en buena parte de la geografía del país, han contribuido a crear un clima proclive para la agudización del conflicto armado y la injusticia social.

La disputa por el control del territorio predominantemente rural, durante ya casi sesenta años, desembocó en una crisis humanitaria de inmensas proporciones, durante este periodo, se han presentado formas de violencia colectiva ejercidas por diferentes actores armados, llámense guerrillas, narcotraficantes, bandas criminales, paramilitares o actuaciones atípicas del ejército nacional o de las élites políticas y económicas hegemónicas y ahora, disidencias o exguerrilleros de las FARC-EP que no se acogieron al proceso de paz. Si bien el acuerdo de paz es un hecho muy positivo, el surgimiento y evolución de las disidencias de las FARC-EP y el fortalecimiento del movimiento guerrillero Ejército de Liberación Nacional, llevan a pensar el conflicto armado y otras formas de violencia vigente están en un proceso de reacomodamiento, ya que muchos de los antiguos guerrilleros están migrando a bandas criminales dedicadas al narcotráfico, minería ilegal y deforestación de las selvas colombianas.

El retiro de las FARC-EP de sus zonas de influencia, permitió que emerjan o se fortalezcan otros grupos armados irregulares que han aumentado las acciones violentas, lo que causa un deterioro de la situación humanitaria, siendo las principales víctimas los indígenas y afrodescendientes, así como, los líderes comunitarios, maestros, campesinos, defensores del medio ambiente y de los derechos humanos. Aunque se han realizado progresos después de la firma del acuerdo con las FARC-EP, las causas que generaron el conflicto armado, no han desaparecido, todo lo contrario, no solo se han perpetuado, sino que, en algunas regiones se han agudizado y la población civil continúa sumida en una violencia generalizada. Ahora bien, no solo se agrava el conflicto, sino que, además, se reitera la debilidad del Estado para hacer cumplir la ley, impartir justicia y resolver los problemas de las comunidades, promoviendo un orden social basado en la convivencia pacífica, respetuosa de la dignidad de las personas y de los derechos humanos. La ausencia del estado en los territorios, es una de las principales razones del conflicto, ha expuesto a los pobladores del campo a factores de riesgo físicos y psicológicos, que guardan relación de conexidad con deforestación, conversión de bosques a pastos para la ganadería, desaparición forzada, masacres, secuestros, despojo de tierras, reclutamiento forzado de menores y violencia sexual, los cuales erosionan el capital social y provocando el desplazamiento forzado de los pobladores del campo, (Hoffmann, García & Krueger, 2018) desaparición forzada,

masacres, secuestros, despojo de tierras, reclutamiento forzado de menores y violencia sexual, entre otros, erosionado el capital social y provocando de manera reiterada y sistemática el desplazamiento forzado de los pobladores del campo.

Históricamente, las comunidades rurales se han enfrentado a un dilema, abandonar sus predios para salvar la vida o permanecer bajo el dominio de la amenaza y el terror ejercido de manera violenta por los grupos armados. Quienes, como pobladores, se ven obligados a permanecer en el territorio, también se ven afectados por el confinamiento bajo amenaza, ya que los grupos armados les impide el acceso a la ayuda humanitaria y a los servicios básicos tales como, la atención médica, el agua, el saneamiento, la seguridad alimentaria) y la educación (Brück, d'Errico & Pietrelli, 2018). De acuerdo con Shultz et al. (2014), el desplazamiento produce la pérdida del hogar, tierra, cultivos, ganado, quedando atrás las posesiones que las personas tenían y lo peor es que esta pérdida se extiende a “los medios de subsistencia, medios de apoyo, identidad, autosuficiencia, reputación, estabilidad, conexión con la comunidad y destrucción de redes sociales”. (p.10). Al respecto, el Informe global de la Agencia de la ONU para los refugiados, UNHCR (2019), señala que, “Colombia registró cerca 8.000.000 de personas desplazadas internamente” (p.30), esto significa el mayor número de desplazados internos en el mundo, incluso superando a Siria. El dato de desplazados mencionado, incluye el registro acumulado desde el año 1985.

Infelizmente, en algunas regiones del país, los técnicos, tecnólogos y profesionales universitarios del sector agropecuario y rural, también pueden ser considerados víctimas del desplazamiento forzado interno, debido a la violencia generalizada, las amenazas y las restricciones en la movilidad. En la actualidad, se viene presentando un fenómeno que preocupa a los organismos nacionales e internacionales, y es el exterminio sistemático de los excombatientes que se acogieron al acuerdo de paz con las FARC y de líderes comunitarios. Un informe realizado por Instituto de Estudios para el Desarrollo y la Paz (Indepaz, 2022), indica que, “desde la firma del Acuerdo de Paz en Colombia, en 2016, hasta el 31 de diciembre de 2021, han sido asesinados en el país 1286 líderes y lideresas” (p.4). De acuerdo con la ONG, Global Witness (2021), pionera en la lucha contra los conflictos y la corrupción relacionados con los recursos naturales, nuevamente Colombia “registra la mayor cantidad de ataques, con 65 personas defensoras

asesinadas en 2020. Un tercio de estos ataques fueron contra indígenas y afrodescendientes, y casi la mitad fueron contra personas dedicadas a la agricultura a pequeña escala” (p. 12), lo cual representa casi el 30% de los asesinatos registrados en todo el mundo, que llegó a la “cifra de 227 personas defensoras de la tierra y el medioambiente asesinadas” (p.12). La mayoría de estos asesinatos han sido perpetrados por grupos al margen de la ley y en algunos casos por el Ejército colombiano, es decir, persiste la violencia política, constituyéndose en una seria amenaza del proceso de reincorporación de los exguerrilleros de las FARC-EP. Este escenario reitera que en Colombia no existe un solo conflicto y que además, no se ha podido vivir una etapa de posconflicto.

El acceso a tierras

La inequitativa concentración de la propiedad rural en Colombia, tiene una histórica escrita a sangre y fuego por los grupos de poder e incrementada por el conflicto armado, perpetuando la desigualdad y la pobreza (Palacio, 2017).

Según datos recogidos por Pachón (2021), para el año 2019, “el coeficiente Gini de tierra en Colombia es de 0.8955” (p.8). Por su parte Del Pilar Peña-Huertas et al. (2018), señalan que Colombia es uno de los países con más alta desigualdad en la propiedad rural en América Latina y el mundo. Un estudio llevado a cabo por OXFAM en 2016, citado en (Ahumada, 2020), indica que la desigualdad rural se incrementó en forma extrema en Colombia: el 1% de los propietarios ocupa el 81% de la tierra, mientras el 99% sólo dispone del 19%, lo que lo convierte en el país de mayor concentración de la propiedad rural de la región.

La minería legal e ilegal

Es importante iniciar diciendo que tanto la minería legal como la ilegal, en mayor o menor grado, comprometen la sostenibilidad de los ecosistemas y producen una ruptura del tejido social. No obstante, el delito de la minería ilícita y delitos conexos como el tráfico de insumos químicos, la deforestación, la contaminación de cuerpos de agua y los daños a la salud pública, tienen un mayor impacto, lo cual le plantea un desafío al Estado de grandes dimensiones. Basta recordar que la extracción ilegal de minerales no paga impuestos, no aporta regalías, emplea mano de obra infantil, somete a indígenas y colonos a trabajos de alto riesgo, produce desplazamiento ambiental y se ha convertido en una fuente de financiamiento de

grupos criminales y políticos corruptos, así como un negocio criminal para lavar activos de algunas empresas formales. De acuerdo con Villar & Schaeffer (2019), la minería ilegal de oro en Colombia es la “principal fuente de ingresos para organizaciones criminales, superando el tráfico de cocaína”. (p.2). Según Clerici et al. (2020), en las últimas décadas, algunas de las actividades que más han contribuido con la deforestación son los cultivos ilícitos y la minería.

El daño que produce la minería ilegal en Colombia sobre los ecosistemas es devastador, pese a que casi todas las comunidades impactadas por la minería ilícita, están en lugares con una gran oferta hídrica, no pueden aprovechar este recurso y tampoco pueden consumir los peces que habitan en sus cuencas, debido a los altos niveles de mercurio y cianuro presentes en el ecosistema. Nuevamente aparece la figura de un Estado débil, incapaz de generar un adecuado control de los territorios que impida la llegada de estas organizaciones criminales, reprima el delito y elimine o mitigue el deterioro del capital natural. Al igual que como ocurre con el conflicto armado y el narcotráfico, el crecimiento desbordado de la minería ilegal se nutre de las condiciones de marginalidad y falta de oportunidades de las comunidades rurales. Estos daños producidos al ecosistema, reduce las oportunidades laborales para los profesionales del sector agropecuario, debido a que se compromete la sostenibilidad de los ecosistemas, la seguridad agroalimentaria y el potencial de desarrollo agropecuario del País.

La baja productividad y competitividad del sector agrario

La geografía colombiana ofrece una gran cantidad de bienes y servicios ambientales, que aprovechados de manera sostenible, representan un gran potencial natural para convertir a Colombia en una despensa productiva de alimentos para todo el mundo, sin embargo, para lograr este propósito, es necesario, entre otros aspectos, mejorar los sistemas productivos de manera sostenible mediante un adecuado manejo de los recursos naturales, fortalecer las capacidades territoriales en ciencia, tecnología e innovación, así como, las capacidades de los pobladores rurales para la estructuración de proyectos, toma de decisiones financieras y gestión de riesgos.

De acuerdo con Parra, Puyana y Yepes (2021), los niveles educativos en el sector agropecuario continúan siendo bajos, lo que representa dificultades para la

adopción de tecnologías y para el desarrollo de nuevos mercados, adicionalmente, los profesionales en asuntos relacionados con las actividades agropecuarias son muy escasos.

La Tabla 1, muestra que el 40,9% de la población rural tiene como máximo nivel educativo alcanzado la primaria básica. “Solamente el 6,5% de la población rural mayor a 14 años tiene educación superior o universitaria” (Parra, Puyana y Yepes, p.41).

Tabla 1. Participación del máximo nivel educativo alcanzado para la población rural mayor de 14 años, Colombia 2021

Table 1. Participation of the highest educational level reached for the rural population over 14 years old, Colombia 2021

Nivel educativo	Número	Porcentaje
Ninguno	831.2	10.9
Preescolar	427.0	0.0
Básica primaria (1o - 5o)	3,122.4	40,9
Básica secundaria (6o -9o)	1,488.5	19.5
Media (10o - 13o)	1,698.5	22.3
Superior o universitaria	492.0	6.5
No sabe, no informa	422.0	0.0

Fuente: Fedesarrollo a partir de GEIH (2019), citado por Parra et al. (2021, p.41).

Esta investigación se llevó a cabo en el marco de un proyecto Tesis que, siguiendo la metodología propuesta por Posner (2004), analizó el currículo del programa de Tecnología Agropecuaria ofrecido en Medellín-Colombia, a la luz del Acuerdo logrado entre el Gobierno Nacional y las FARC-EP, en 2016, para algunos lineamientos para el rediseño curricular del programa, con enfoque territorial rural.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en un programa de educación superior del nivel de formación tecnológica en Medellín-Colombia. El enfoque metodológico fue el Mixto. Este artículo presenta resultados relacionados exclusivamente con la fase cualitativa, para tal efecto, siguiendo a Posner (2004), se realizó un análisis documental del programa, que incluyó el análisis de contenidos, indización: palabras claves y descriptores, resumen y clasificación, de acuerdo a las categorías seleccionadas, que fue complementada con la aplicación entrevistas a las directivas

académicas del programa. Los datos cuantitativos, se obtuvieron aplicando cuatro (4) cuestionarios estructurados, dirigidos a los profesores, estudiantes, egresados y empleadores, autoaplicados, tipo likert de respuesta graduada y de selección.

Los instrumentos se validaron mediante el juicio de expertos, para tal efecto se aplicó el coeficiente de Alfa de Cronbach y para determinar la consistencia entre jueces, se empleó el coeficiente W. de Kendall. El procesamiento de datos se realizó a través del SPSS Statistics 22. Una mayor ampliación de la metodología se puede consultar en (Palacio, Hinojo y García, 2018, p.162-163).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis documental y el proceso de sistematización de entrevistas permitieron identificar, cuatro principales resultados:

Primero. Los programas previstos el Plan Estratégico Sectorial 2019-2022 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, el Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano 2017-2027 y la Ley 1876 de 2017, mediante la cual crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria, así como otras importantes normativas, tienen como fundamento, el desarrollo rural con enfoque territorial. De acuerdo con Hidalgo-Capitán (2011), el desarrollo territorial, “centrado en la dimensión territorial rural”, se encuentra enmarcado en “la Escuela Alternativa del desarrollo”. Esta escuela “destaca por poner el énfasis en la satisfacción efectiva de las necesidades básicas de los individuos, vinculando el desarrollo con la reducción de la pobreza más que con el aumento de la riqueza” (p.306) y considera que un detonante importante del desarrollo es el incremento de las “capacidades de los individuos”. (p.286).

En los programas desarrollo con enfoque territorial de carácter estatal, se declaran algunos principios relacionados con la multifuncionalidad, integralidad y diferenciación del territorio, en el contexto de una nueva ruralidad centrada en el desarrollo armónico de las dimensiones socio-cultural, económica, ambiental y político-institucional. Se trata de programas de Estado con una mirada holística, mediante los cuales se busca la transformación estructural del campo, el bienestar y buen vivir, la protección de la riqueza pluriétnica y multicultural, el fomento de la economía campesina y familiar, el desarrollo y la integración de las regiones abandonadas y golpeadas por el conflicto, y el fortalecimiento de las

organizaciones comunitarias, entre otros aspectos (Gobierno Nacional de Colombia y FARC-EP, 2016).

En este escenario, los propósitos que se pretenden alcanzar en cada una de las cuatro dimensiones mencionadas son las siguientes:

i) Dimensión social y cultural. “La dimensión social y cultural abarca las dinámicas poblacionales (campesinos, indígenas, afrodescendientes, etc); sus diversas formas de relacionamiento y cohesión social; sus imaginarios, valores, costumbres y las diferentes expresiones e identidades culturales” (Muñoz et al. 2012, p.13).

En general busca la formación de capacidades de capital humano para la gestión de procesos de desarrollo sostenible a nivel territorial, así como, la formación del capital social, condiciones necesarias para mejorar la calidad de vida y reducir la brecha urbano-rural, preservando “las identidades y la herencia cultural, los sistemas de valores y las prácticas culturales”, construidos por las comunidades colectivamente (Muñoz et al. 2012, p.13).

ii) La dimensión económica-productiva. La competitividad es el eje el cual se soporta esta dimensión. A través de ella se busca promover y fomentar la inversión en el campo con visión empresarial y fines productivos, así como, la articulación de la pequeña producción rural a cadenas de valor con criterios de equidad (Muñoz et al. 2012). El acuerdo de Paz hace una fuerte apuesta por el desarrollo de la economía campesina, familiar y comunitaria, para lo cual pide que haya asistencia técnica científica y tecnológica, y se dote el territorio de activos humanos, sociales, físicos y financieros.

iii) La dimensión ambiental. Esta dimensión le apuesta a la sostenibilidad de los sistemas ambientales del territorio, articulando armónicamente la gobernanza que realizan los campesinos y agricultores sobre los sistemas naturales, con los sistemas productivos y sociales. Involucra estrategias tendientes al uso eficiente de los recursos suelo y agua, a la preservación de los ecosistemas, al uso equitativo de la diversidad biológica, así como, al desarrollo de proyectos productivos sostenibles, el fortalecimiento de la conciencia ambiental y la mitigación de los riesgos generados por el cambio climático (Muñoz et al. 2012).

Coherente con estos propósitos, Tohidyan & Rezaei (2019), plantean que la noción de multifuncionalidad del territorio remite a un modelo de agricultura que realiza una serie de funciones más allá de la producción de alimentos y fibra. Este modelo incluye el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, tales como, el ecoturismo, las artesanías, la producción de servicios ambientales y la conservación del patrimonio natural y cultural, constituyéndose en actividades generadoras de empleo, ingreso y valor agregado en el medio rural.

iv) La dimensión política-institucional. De acuerdo con Muñoz et al. (2012), esta dimensión se refiere a todos aquellos “arreglos políticos e institucionales que regulan las interacciones sociales, los conflictos y garantizan la cohesión social y la gobernabilidad democrática”, para que las comunidades participen libremente en los procesos democráticos de toma de decisiones y se fortalezcan “las capacidades de autogestión y la autonomía administrativa de los gobiernos territoriales y las comunidades locales; la descentralización en la asignación de recursos y el empoderamiento local en la toma de decisiones” (p.14)

Segundo. El resultado del análisis documental y las estadísticas del Ministerio de Educación Nacional de Colombia (2022), muestran que en las ocho áreas de conocimiento establecidas en el año 2021, se matricularon 2,248,271 estudiantes. Para el área de agronomía, veterinaria y afines, que es el área al cual pertenece el programa de tecnología agropecuaria, solo se matricularon 50,209 estudiantes, es decir, el 2% de los matriculados (Ministerio de Educación Nacional, 2022). Estas cifras se han mantenido casi que constantes durante los últimos 10 años y hay que admitir que, el descenso en la tasa anual de graduados en esta área no es un problema exclusivo de Colombia, según Fiszbein & Stanton (2018), el porcentaje de grados otorgados en los programas de “Ciencias Agrícolas” en Canadá, Estados Unidos, la Unión Europea, Latinoamérica y el Caribe, no superaron en ningún caso el 2%. Pese a que los valores señalados son cercanos a los de Colombia, resulta imposible dejar de reconocer que, a diferencia de otros países, el medio rural colombiano tiene el agravante que los graduados, cuyo perfil de egreso les exige trabajar en el el medio rural, se exponen a factores de riesgo de violencia generalizada.

Tercero. Uno de los desafíos que enfrenta el medio rural colombiano, es la falta de relevo generacional en el campo. Los profesionales del sector agropecuario, los agricultores y campesinos están envejeciendo, además, sus hijos no quieren ser agricultores, “prefieren migrar a la ciudad o ingresar, cuando lo pueden hacer, a programas diferentes a los del sector agropecuario, el aspecto más negativo es que está migrando la población más joven y con mayor nivel de escolaridad”. (Palacio, 2017, p. 472).

Un estudio llevado a cabo en Brasil por Zago (2016), demuestra que este país experimenta una situación muy similar a la de Colombia en temas relacionados con la migración juvenil, las brechas urbano-rurales en el nivel de escolaridad, el envejecimiento de los agricultores, “la masculinización” y la baja tasa de fecundidad de la población rural.

Esta problemática amerita que se abra un espacio de análisis y construcción de alternativas de intervención por parte del Estado y de las Instituciones de Educación Superior, máxime si se tiene en cuenta que, de cara al acuerdo final de paz firmado con las FARC y las políticas del actual Gobierno, señalan que se va “transitar hacia una matriz productiva basada en la agroecología y la producción campesina agroalimentaria, que supere el mito de la revolución verde” (Petro y Márquez, 2022, p.22) y en este escenario, los profesionales del área agropecuaria, tienen un importante espacio laboral, para contribuir con la transformación estructural del campo colombiano.

Cuarto. Siguiendo la metodología propuesta por Posner (2004), el análisis del currículo del programa permitió evidenciar que en el programa se minimiza el componente de las ciencias sociales y humanas, en favor de la enseñanza de competencias científico-tecnológicas, funcionalistas, que hacen énfasis en la estructura de las disciplinas para formar sujetos con desempeños eficaces, adaptados principalmente a la realidad tecno-económica.

El Plan de estudios está conformado por 34 asignaturas, 96 créditos y cuatro áreas. El porcentaje de créditos asignados a cada área es: básica 21%; básica tecnológica 23%; profesional específica 47% y socio-humanística 8.3%, esta última conformada por cinco asignaturas: humanidades 1, lengua materna, pedagogía constitucional, deporte, arte y recreación, y desarrollo rural. (Palacio, Hinojo y García, 2018).

Otro aspecto para destacar es que se trata de un programa aislado, que no integra la docencia, la investigación y la extensión con las complejidades del medio rural regional, debido a que la mayoría de los profesores son catedráticos de oficio, contratados por horas, lo cual se convierte en un obstáculo para ejecutar acciones colectivas y un ejercicio investigativo o de proyección social universitaria, con una visión de largo plazo en el territorio, poniendo en evidencia una contradicción entre los propósitos, contenidos y prácticas que declara el perfil de egreso, algunos pertinentes con el enfoque territorial y los resultados de aprendizaje alcanzados en la práctica docente (Palacio, Hinojo y Rodríguez, 2018).

Al respecto, en la entrevista llevada a cabo con un primer informante de la facultad de Ciencias Agrarias, este plantea que una cosa es lo que declara el Proyecto Educativo Institucional y otra, lo que ocurre en la práctica, encontrando que hay un enorme vacío y falta de coherencia entre los principios contenidos en estos documentos y lo que los docentes hacen en el aula (Palacio, Hinojo y Rodríguez, 2019).

Por su parte, el segundo informante declara que

“tanto los objetivos, como los procedimientos, han sido estandarizados en función del modelo desarrollista al cual le apuesta el programa, sin embargo, opina que los docentes aún continúan inmersos en un modelo tradicional, no hay un modelo crítico, adicionalmente los ambientes de aprendizaje no convergen con este modelo”. (Palacio, Hinojo y Rodríguez, 2019, p. 85-86).

Teniendo en cuenta estos cuatro resultados y en un “escenario de posconflicto”, es lógico pensar que, en términos de pertinencia, se deben proponer innovaciones pedagógicas, metodológicas y curriculares en los programas del área agropecuaria, que incluyan competencias y resultados de aprendizaje que contribuyan desde los programas del área agropecuaria a la transformación del sector agrario y rural en Colombia.



A continuación, se presentan de manera esquemática, algunos lineamientos para el rediseño del programa objeto de análisis, teniendo como referentes los principios y dimensiones del enfoque territorial rural. Resultados obtenidos por Palacio (2017).

Lineamientos para el rediseño del programa de Tecnología Agropecuaria, con enfoque territorial.

Los actores del currículo: Estudiantes, profesores, egresados, directivas y empleadores.

Se aspira a contar con una “comunidad educativa cohesionada y comprometida con las dinámicas curriculares, situada en los territorios rurales, asumiendo compromisos con los actores sociales a largo plazo y promoviendo una visión de desarrollo rural compartida”(Palacio, 2017, p. 489).

Enfoque de desarrollo territorial rural. Supone una construcción endógena, a partir de una concepción de desarrollo humano, desarrollo sostenible, desarrollo económico local, ordenación territorial con enfoque poblacional, con el propósito de contribuir a resolver desafíos relacionados con la consolidación una paz estable y duradera, campo con equidad, inclusión productiva y social, sostenibilidad ambiental y gobernanza territorial (Velandia, 2018).

Enfoque de desarrollo rural. Enfoque multidimensional, que articule armónicamente la equidad, la competitividad, la sostenibilidad territorial y la gobernanza, bajo un propósito común o visión compartida, que conduzcan a fortalecer el tejido social y empresarial de los territorios rurales (Muñoz et al., 2012).

La Concepción de currículo. Se asume la concepción de currículo de Kemmis (1998):

como un producto histórico y social que cambia (como todas las construcciones sociales a rachas), como varían las circunstancias, como son reformuladas las ideas y los ideales, como cambian el orden de los discursos y la ordenación de la vida social (en respuesta a la dinámica interna y a las exigencias del discurso, y a la dinámica y a las exigencias de la vida social en general), y como las consecuencias humanas, sociales y económicas de la práctica curricular actual son identificadas y evaluadas (p.43).



Teoría curricular. El currículum como “reconstrucción del conocimiento y propuesta de acción”. De acuerdo con Díaz (1993), esta concepción del currículum, “Centra la problemática curricular en el análisis de su práctica y en la solución de problemas. Postula la necesidad de integrar el currículum y la instrucción de una manera unitaria y flexible, que oriente la práctica”. (p. 23). Agrega esta autora que los trabajos de Schwab, Eisner y Stenhouse representan esta aproximación.

Perspectiva teórica o Modelo pedagógico. Propuestas cualitativas o metodologías curriculares desde un abordaje crítico y socio-político, en oposición a modelos basados en el racionalismo, que como bien lo plantean Gontijo & Alves (2017), en un estudio llevado a cabo en la Universidad Federal de Viscosa, no sea una escuela más donde no se “cuestionan la estructura agraria y rural; y las respectivas relaciones de trabajo que la sustentan” (p.757).

Fundamentos o fuentes del currículo

Sociocultural: La sociedad y la cultura; Psicopedagógica: La enseñanza y el aprendizaje; Epistemológica-profesional: El conocimiento, la especialización y el trabajo (Casarini, 2012).

Algunos de los problemas a los cuales se enfrentan la sociedad civil y los profesionales del sector agrario en Colombia, se presentan en la tabla 2.

Estos problemas se suman, a la necesidad de fortalecer durante el proceso formativo, algunas competencias tecnológicas y transversales, que en un escenario de posconflicto son relevantes:

- Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad en el contexto local y global.
- Contribuir a la generación de desarrollos tecnológicos y/o innovaciones tecnológicas (Asociación Iberoamericana de Instituciones de enseñanza de la Ingeniería. ASIBEI. 2014).
- Formular y gestionar proyectos conjuntamente con los actores territoriales o introducir socialmente los resultados de investigación
- Conducir a los agricultores hacia el logro de metas comunes

Tabla 2. Problemas de a los cuales se enfrentan los profesionales del sector agrario en Colombia.

Table 2. Problems faced by professionals in the agricultural sector in Colombia.

Dimensión	Problema
Sociocultural	<p>El conflicto armado, la violencia y el desplazamiento forzado</p> <p>La distribución de la tierra y los usos del suelo</p> <p>Los altos índices de pobreza, inequidad, desigualdad, exclusión, marginalidad social, pobreza e inseguridad humana</p> <p>La informalidad en el empleo rural</p> <p>El Vaciamiento demográfico del medio rural, el envejecimiento de la población rural en edad de trabajar, las pocas cosas de valor para retener en el medio rural a los jóvenes que concluyen el bachillerato.</p> <p>Las dificultades de la población rural para acceder a activos humanos, sociales, naturales, tecnológicos, de infraestructura y financieros.</p>
Económico-productiva	<p>El atraso tecnológico en el medio rural, la baja productividad, los altos costos de producción, la limitada disponibilidad de infraestructura, logística y de sistemas de información y comunicación</p> <p>La exposición de los agricultores a la competencia nacional e internacional sin la debida preparación</p> <p>Los escasos niveles de escolaridad de la población que vive en el campo para desarrollar el potencial productivo.</p> <p>Las dificultades para integrar a los pequeños y medianos productores a cadenas con valor agregado.</p>
Ambiental	<p>Los conflictos por el uso del suelo y la oferta ambiental territorial</p> <p>La minería ilegal</p> <p>La deforestación, la erosión genética, la degradación del suelo, la contaminación y la disminución de los recursos hídricos</p> <p>Las dificultades para alcanzar un modelo de agricultura sostenible</p> <p>El impacto del cambio climático sobre el sector agrario, gases efecto invernadero, gestión apropiada del agua, protección de la biodiversidad y de los suelos</p> <p>La Inseguridad y soberanía alimentaria.</p>
Político-Institucional	<p>La pérdida de confianza de los agricultores en el Estado y en los gobiernos locales</p> <p>La incapacidad del Estado para hacer cumplir la ley, impartir justicia y contribuir a resolver los conflictos de las comunidades, sin que se vean afectados los derechos humanos</p> <p>Los pocos espacios de participación para la acción colectiva y la represión en contra de los líderes y lideresas rurales</p> <p>La retirada del sector Estatal de la asistencia técnica y la extensión rural.</p> <p>Las elites familiares o económicas tradicionales que se oponen al cambio</p> <p>La Privatización de la asistencia técnica.</p> <p>La falta de asociatividad e inclusión económica y social de las comunidades rurales.</p>

Fuente: Palacio, 2017



Propósitos de formación

Con base en lo anterior, a continuación, se propone el modelo de currículo para un programa de educación superior del nivel tecnológico para el sector agrario:

El Proyecto Educativo del Programa. Asumido como una promesa de valor que hace el programa, donde se ve reflejado su perfil y el conjunto de los resultados de aprendizaje que promete entregar a sus aspirantes y alumnos, así como a la sociedad, en especial a la sociedad civil y el sector empleador.

Objeto de la profesión. Proceso de producción agropecuaria, según Álvarez de Sayas (2001) el objeto de trabajo, el modo de actuación, el campo de acción y las esferas de actuación, son características del objeto de la profesión y se convierten en categorías del diseño curricular (p.37).

Objeto de trabajo. Los agroecosistemas agrícolas y pecuarios, en su perspectiva multidimensional.

Modo de actuación. Innovar, inspirar, emprender y transformar.

Campo de acción. El componente biótico y abiótico, la sanidad vegetal y animal, las labores culturales agrícolas y pecuarias, la seguridad y soberanía alimentaria, la investigación aplicada y la extensión rural.

Esferas de actuación. Empresas del sector público, privado, solidario, de economía mixta, emprendimientos personales, centros de investigación públicos o privados, unidades productivas agropecuarias.

Objetivo. Formar profesionales innovadores con capacidades para competir y producir alimentos con calidad, inocuos y nutritivos, para un mercado local o global, protegiendo los agroecosistemas y generando condiciones de vida digna a las comunidades rurales (Palacio, 2017, p.487).

Perfil profesional. Formar un profesional del sector agropecuario con una visión multidimensional del desarrollo agropecuario y rural, creativo e innovador, con capacidades para gestionar el desarrollo de los territorios rurales, contribuyendo a mejorar la competitividad y sostenibilidad de los agroecosistemas agrícolas o pecuarios, a partir de la integración del conocimiento científico y tecnológico, aplicado a las plantas y animales, y su relación con los recursos bióticos, abióticos y las condiciones económicas, sociales, culturales e institucionales de las comunidades rurales (Palacio, 2017, p.487).

El proceso de formación profesional

Áreas de formación de programa. Fundamentación básica y Básica tecnológica; profesional específica; y Socio humanística. Abordadas desde campos del saber transdisciplinarios y multidisciplinarios, con propósitos y contenidos congruentes para el desarrollo de la práctica situada en la ruralidad.

Elementos de planificación conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Para responder a los problemas planteados y los propósitos de formación, se proponen, para cada una de las cuatro dimensiones, algunos contenidos curriculares que pudieran ser desarrollados total o parcialmente por el programa (Tabla 3).

Tabla 3. Contenidos curriculares en cada dimensión pertinentes con el enfoque territorial rural

Table 3. Curriculum content in each dimension relevant to the rural territorial approach

Dimensiones			
Socio-cultural	Económico-productiva	Ambiental	institucional
Cuál es el propósito de cada dimensión			
Equidad	Competitividad	Sostenibilidad	Gobernanza
Desarrollo del capital humano y cultural.	Desarrollo del capital económico, físico y financiero.	Desarrollo del capital natural.	Desarrollo de capital social.
Las dinámicas sociodemográficas, relaciones y situación de los grupos humanos.	Los agroecosistemas agrícolas y pecuarios, otras actividades productivas y la estructura económica.	Características de los agroecosistemas y los sistemas agroalimentarios locales.	Institucionalidad del sector agropecuario y rural.
Derechos Humanos y el Derecho Internacional Humanitario.	Proyectos estratégicos para el territorio, cadenas productivas y sectores de clase mundial.	Agrobiodiversidad, los servicios ecosistémicos y el patrimonio agrícola local.	Planes de desarrollo e instancias de planificación para el ordenamiento territorial.
Identidad territorial, valores compartidos, formas de vida y conocimiento endógeno.	Crecimiento económico y equidad social. Producción y consumo sostenible.	Seguridad soberanía agroalimentaria.	Ruralidad, políticas territorios rurales y modelos de desarrollo rural.

Mediación pedagógica para la extensión con pobladores rurales.	Tecnología e innovación para la modernización de la agricultura campesina y familiar.	Sector agropecuario y rural y cambio climático. Gestión del riesgo y gobernanza.	Capacidad para dialogar, convenir y pactar, y actuar colaborativamente. Resolución pacífica de conflictos y paz.
Cohesión social de las comunidades rurales. Empoderamiento y apropiación y uso del conocimiento.	Transformación productiva, generación de valor agregado y competitividad.	Sellos Ambientales: Rainforest Alliance Sociales: Fairtrade De calidad: agricultura biológica.	Formas de gobernanza y creación de valor público para el desarrollo rural. Formas asociativas.
Formas de organización, rasgos de cohesión y formas de identidad.	Relaciones ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo agropecuario y rural.	Evaluación del impacto ambiental y social de la aplicación de las tecnologías.	Redes de innovación e inclusión económica y social de las comunidades rurales.

Fuente: Palacio, 2017

Integrar al currículo y desarrollar algunas de estas temáticas, en contextos reales con comunidades rurales reales, permite ampliar el campo de acción y las esferas de actuación de los profesionales. Para alcanzar las competencias previstas en el perfil de egreso y los resultados de aprendizaje proyectados, se propone como estrategia didáctica-metodológica, la siguiente:

La didáctica. Enmarcada en epistemologías contemporáneas y referentes psicopedagógicos constructivistas y aprendizaje a través de la acción. Enfoque práctico y crítico, mediado por el conjunto de relaciones del programa con los diferentes agentes sociales. Un programa de educación superior integrado a redes de diferente índole.

El método. Se aprende en contexto, interdisciplinariamente, creando situaciones de aprendizaje vinculadas a la acción-reflexión-acción, en conexión directa con los objetos de trabajo del profesional y sus campos de acción. El método privilegia lógicas que valoran las prácticas culturales construidas por los actores sociales. Hay un intercambio entre el saber científico y tecnológico, con los saberes y técnicas tradicionales que forman parte de la cultura de los agricultores (Palacio, 2017, p.495-496).

La forma. Comunidad educativa y actores sociales, concurriendo en los territorios rurales, para tal efecto, las estrategias metodológicas que se proponen son el aprendizaje cooperativo, el aprendizaje basado en problemas, orientado por proyectos o basado en retos. De acuerdo con Vernaschi (2017), en relación a las influencias derivadas del Aprendizaje Basado en Problemas y de la problematización, es importante destacar que ambas también se consideran metodologías activas y basadas en problemas.

Los ambientes de aprendizaje. El aula, los laboratorios, los predios de los agricultores en el territorio rural, el sector productivo, los consultorios tecnológicos y las granjas experimentales y docentes, con que cuenta la institución.

La práctica docente situada en la ruralidad. Esta metodología permite que los estudiantes y profesores conozcan el territorio, los diferentes ecosistemas, los sistemas de producción, las prácticas culturales y las formas de relacionamiento de los agricultores y campesinos con otros agentes sociales territoriales.

Las relaciones entre el programa y las comunidades rurales, son intermitentes o no existen, por ello, es preciso diseñar y desarrollar un currículo que incluya estrategias metodológicas y organizacionales, para que profesores y estudiantes concurren, compartan, actúen colectivamente con los actores sociales en el territorio, esto permite lograr resultados para aprender a formular y ejecutar proyectos innovadores de investigación, de extensión o llevar a cabo, procesos de enseñanza interdisciplinaria para el aprendizaje en la inserción productiva y social de los agricultores o para la sostenibilidad de los agroecosistemas (Palacio, 2017, p. 523).

La metodología para el desarrollo de los proyectos. Identificar los lugares de intervención, situar el proyecto y de ser necesario, recuperar la confianza de los agricultores y campesinos en la institución y el programa. ¿Cómo?

- Integrando a los actores sociales a la comunidad educativa del programa
- Asumiendo compromisos con los actores sociales, mediante una visión compartida de territorio, inclusiva, equitativa, competitiva, sostenible, que se renueve y releve en forma permanente
- Resignificando el territorio a partir de la concurrencia solidaria, interdisciplinaria y estable de la comunidad educativa, integrando diferentes

enfoques, para que se produzcan transformaciones relevantes y cambios significativos y que esos cambios, tengan continuidad y arraigo territorial.

- Valorando el territorio en su perspectiva multidimensional, como un ambiente de aprendizaje para la investigación, la extensión, la gestión del desarrollo territorial y las prácticas académicas, en el marco de un proyecto educativo de programa, llevado a cabo en un ambiente de aprendizaje rural real, de manera que se facilite la capacidad de integración e intercambio de conocimientos en la práctica.
- Evaluando en el tiempo el impacto sobre la calidad de vida de los agricultores y los nuevos aprendizajes y las transformaciones alcanzadas (Palacio, 2017, p. 520).

Organización administrativa y académica. Los recursos físicos, tecnológicos, financieros y de talento humano.

La extensión rural. Propuesta de extensión rural, con enfoque participativo, permanente, estable, con arraigo, contextualizada, visibilizada en el diseño, desarrollo y evaluación del currículo, con agentes rurales reales, sistematizada y con indicadores sociales. Burfoot, 2015, citado en (Palacio, Hinojo y García, 2018, p.170)

La investigación. Se promueve una investigación que trasciende el enfoque del saber para publicar, a un enfoque de gestión de conocimiento conjuntamente con los actores territoriales. Un encuentro de saberes que resignifique el impacto de la investigación y la construcción social del conocimiento.

La evaluación. Cualitativa, sistémica, integral. Una evaluación orientada a la búsqueda de la solución a los problemas y a los retos que nos impone la sociedad rural.



CONCLUSIÓN

El medio rural en Colombia ha sido el teatro de la guerra por más de cinco décadas, esta situación ha generado una percepción de inseguridad en el campo, repercutiendo desfavorablemente en la baja demanda por los programas del área agropecuaria, limitando las oportunidades profesionales para quienes tienen como escenario de localización laboral el medio rural. Sin embargo, pese a las complejidades mencionadas, para quienes tienen la posibilidad de vivir o trabajar en el campo, podría ser menos riesgoso y quizás, su contribución a la transformación podría ser más efectiva, si el diseño curricular de estos programas abordara de una manera integral, los problemas del desarrollo rural desde un enfoque multidimensional.

Como un proyecto de país derivado de los acuerdos de paz celebrados entre el Gobierno colombiano y las FARC-EP, en Colombia existe un nuevo escenario político, normativo e institucional para el desarrollo rural, fundamentado en los principios y dimensiones del enfoque territorial, en este contexto, las Instituciones de educación superior que ofrecen programas del área agropecuaria, deben superar el sesgo sectorial disciplinar al momento de seleccionar propósitos, contenidos, prácticas y valores, para dar paso al desarrollo de programas del sector agrario situados en la ruralidad, que contribuyan con la formación integral y desvirtúen las intervenciones segmentadas.

LITERATURA CITADA

Ahumada B. C. (2020). Implementing the Peace Agreement in Colombia: between "territorial peace" and land disputes. *Problemas del desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía*, 51(200), 25-47.

Álvarez de Zayas, C. (2001). El diseño curricular. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.

Asociación Iberoamericana de Instituciones de enseñanza de la Ingeniería. ASIBEI. (2014). *Declaración de ASIBEI de Viña del Mar, sobre Competencias Genéricas de Egreso del Ingeniero Iberoamericano*. <http://www.asibei.net/boletines/2014/enero/index.html>.

- Brück, T., d'Errico, M., & Pietrelli, R. (2019). The effects of violent conflict on household resilience and food security: Evidence from the 2014 Gaza conflict. *World Development*, 119, 203-223.
- Casarini R. M. (2012). *Teoría y diseño curricular*. México: Editorial Trillas.
- Clerici, N., Armenteras D., Kareiva, P., Botero, R., Ramírez D., J.P., Forero M., G., Ochoa, J., Pedraza, C., Schneider, L., Lora, C., Gómez, C., Linares, M., Hirashiki, C. & Biggs, D. (2020). Deforestation in Colombian protected areas increased during post-conflict periods. *Scientific Reports*, 10, 4971.
- Del Pilar Peña-Huertas, R., Abondano-Romero, A., Abril-Bonilla, N., Jiménez-Nicholls, M. C., & Uribe-Larrota, L. F. (2018). Land Tenure Systems and Property Rights: Socio-Legal Studies in the Colombian Case. *Tilburg Law Review* 23(1), 43–58.
- Díaz B., F. (1993). Aproximaciones metodológicas al diseño curricular: hacia una propuesta integral. *Tecnología y comunicación educativas*, (21), 19-41.
- Fiszbein, A. & Stanton, S. (2018). *The future of education in Latin America and the Caribbean. Possibilities for United States investment and engagement*. Washington, DC: Editorial Inter-American Dialogue.
- Global Witness. (2021). *The industries causing the climate crisis and attacks against land and environmental defenders*.
<https://www.globalwitness.org/en/campaigns/environmental-activists/last-line-defence/>
- Gobierno Nacional de Colombia y FARC-EP. (2016). *Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera*. Recuperado de <https://www.jep.gov.co/Normativa/Paginas/Acuerdo-Final.aspx>
- Gontijo C., M & Alves De Alves, D. (2017). Teaching, research and extension at the Universidade Federal de Viçosa: origin and institutional trajectory (1926-1988), *Revista Brasileira de Educação*, 22(70), 752-773.
- Hidalgo-Capitán, A. L. (2011). Economía política del desarrollo. La construcción retrospectiva de una especialidad académica. *Revista de economía mundial*, (28), 279-320.

- Hoffmann, C., García M., J. R. & Krueger, T. (2018). A local perspective on drivers and measures to slow deforestation in the Andean-Amazonian foothills of Colombia. *Land Use Policy* 77, 379–391.
- Indepaz. (2022). *Cifras de la violencia en las regiones 2021*. Recuperado de <https://indepaz.org.co/cifras-de-la-violencia-en-las-regiones-2021/>
- Kemmis, S. (1998). *El currículum más allá de la teoría de la reproducción*. Madrid: ediciones Morata.
- Kumar, A., & Kumar, V. A. (2014). Pedagogy in higher education of agriculture. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 152, 89-93.
- Muñoz, L., Uribe, Á., Llano, J., Rodríguez, N., Gonzales, J., & Palacios, J. (2012). El desarrollo rural con enfoque territorial. Organización Internacional para las Migraciones e Instituto Colombiano de Desarrollo rural. Recuperado de: <http://www.indepaz.org.co/wp-content/uploads/2017/12/Perfil-DRET-incoder-2012.pdf>.
- <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Documentos/PIDERT%20VERSION%20final.pdf>
- Ministerio de Educación Nacional de Colombia. (2022). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior, resúmenes indicadores de educación superior*. Recuperado de <https://snies.mineducacion.gov.co/portal/Informes-e-indicadores/Resumen-indicadores-Educacion-Superior/>
- Pachón, F. A. (2021). Distribución de la propiedad rural en Colombia en el siglo XXI. *Revista de Economía e Sociología Rural*, 60(4).
- Palacio M. J.A., M., Hinojo L., M. A. y García, S. A. (2018). Educación superior en Tecnología Agropecuaria con enfoque territorial, *International Journal of Technology and Educational Innovation*, 4(2), 159-171.
- Palacio M., Jorge A., Hinojo L. F. J., y Rodríguez G. A. M. (2019). Desarrollismo pedagógico en el programa de Tecnología Agropecuaria del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. *Formación Universitaria*, 12(5), 79-90.
- Palacio, M. J. A. (2017). Análisis del currículo del programa de tecnología agropecuaria del Politécnico Colombiano J.I.C. y diseño de un currículo pertinente con el enfoque territorial del desarrollo rural, en Antioquia. Tesis doctoral. Universidad de Granada. España.

- Parra P., R. I. S., Puyana, R. y Yepes Ch., F. (2021). *Análisis de la productividad del sector agropecuario en Colombia y su impacto en temas como: encadenamientos productivos, sostenibilidad e internacionalización, en el marco del programa Colombia más competitiva*. FEDESARROLLO. Recuperado de <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/prensa/Documents/Informe-Productividad-Agropecuaria-10Marzo2021.pdf>
- Petro U, G. y Márquez, F. (2022). *Colombia, potencia mundial de la vida*.
- Posner, G. J. (2004). *Análisis del currículo*. McGraw-Hill.
- Shultz, J.M., Garfin, D.R., Espinel, Z., Araya, R., Oquendo, MA, Wainberg, ML, ... & Neria, Y. (2014). Desplazados internos “víctimas del conflicto armado” en Colombia: la trayectoria y la firma traumática de la migración forzada. *Informes actuales de psiquiatría*, 16 (10), 1-16.
- The UN refugee Agency. UNHCR. (2019). *The UN refugee Agency, global trends forced displacement in 2019*. Recuperado de <https://www.unhcr.org/5ee200e37.pdf>
- Tohidyan F., S. & Rezaei M., K. (2019). Multifunctional agriculture: an approach for entrepreneurship development of agricultural sector. *Journal of Global Entrepreneurship Research*, 9, 1-23.
- Velandia S., C. A. (2018). Prospective scenarios for regional development in Bolivar, Colombia: Great Vision study 2014-2064. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management)*, 10(3), 521-557.
- Vernaschi, L. V. (2017). Constructivist spiral: an active learning methodology. *Interface Comunicação saúde educação*, 21(61), 421-34.
- Villar, D. & Schaeffer D., J. (2019). Disarmament Is the New War, Gold Is the New Opium, and Ecohealth Is the Historic Victim. *Environmental Health Insights* 13, 1–13.
- Zago, N. (2016). Rural-urban migration, youth, and higher education. *Revista Brasileira de Educação*, 21, 61-78.



ESTADO DEL ARTE DE LA INVESTIGACIÓN FORESTAL: PROGRAMA DE SOCIOECONOMÍA DEL CENID COMEF (1994 – 2020)^a

STATE OF THE OF FORESTRY RESEARCH: SOCIOECONOMICS PROGRAM OF CENID COMEF (1994 – 2020)

Moctezuma López, G.^{1*}, Flores A.¹, Pérez Miranda, R.¹, González Hernández, A.¹, Díaz Correa A.¹, Ortiz Reyes, A. D.¹, Reséndiz Martínez J. F.¹, Romero Sánchez, M. E.¹, y Moreno Sánchez, F.¹

¹INIFAP. Cenid Comef. Av. Progreso No. 5, Barrio Sta. Catarina, Del Coyoacán, CP 04110, CDMX. * moctezuma.georgel@inifap.gob.mx (autor por correspondencia)

Fecha de envío: 05, abril, 2022

Fecha de publicación: 16, diciembre, 2022

Resumen:

El estudio del estado del arte en centros de investigación es un instrumento que ayuda a los tomadores de decisión a tener elementos para la asignación de todo tipo de recursos. La motivación del trabajo surge del XXV aniversario de la fundación del Cenid Comef en el año de 1994. Para conocer la evolución de las aportaciones del programa de investigación en socioeconomía, así como su cobertura geográfica y los subsectores que atiende. La metodología utilizada fue de tipo documental en dos fases; heurística y hermenéutica enfocados a la evolución de los tópicos de investigación. Las variables que se seleccionaron fueron: libros, capítulos de libro, artículos científicos, generación de tecnologías y folletos. Así como la cobertura geográfica, los subsectores (forestal, agrícola y pecuario) que se atienden y los *ítems* de investigación. Se registraron 40 aportaciones científicas, de los cuales los más representativos fueron los artículos científicos (62.5%), capítulos de libro (27.8%), folletos (7.5%), libros (5%) y tecnología generadas (2.5%), con cobertura geográfica que en su mayoría fueron con aplicación nacional y en el subsector con mayor atención fue el forestal con 17 entregables (41%), con lo cual se concluye que de que el programa de investigación en socioeconomía cumple con el mandato de que sus estudios son de carácter transversal y tienen un porcentaje de alrededor del 50 % en cobertura geográfica a nivel nacional.

Palabras clave: bibliometría, heurística, hermenéutica, programa de investigación, producción académica.

^a Proyecto del Programa de Investigación en Socioeconomía Forestal del Cenid Comef.

Abstract:

The study of the state of the art in research centers is an instrument that helps decision makers to have elements for the allocation of all types of resources. The motivation for this work arises from the 25th anniversary of the founding of Cenid Comef in 1994. To know the evolution of the contributions of the research program in socioeconomics, as well as its geographical coverage and the sub-sectors it serves. The methodology used was documentary in two phases: heuristic and hermeneutic focused on the evolution of the research topics. The variables selected were books, book chapters, scientific articles, generation of technologies and brochures. As well as the geographic coverage, the subsectors (forestry, agriculture, and livestock) that are addressed and the research items. Forty scientific contributions were recorded, of which the most representative were scientific articles (62.5%), book chapters (27.8%), brochures (7.5%), books (5%) and technology generated (2.5%), with geographic coverage, most of which were with national application and the subsector with the greatest attention was forestry with 17 deliverables (41%), which concludes that the socioeconomics research program complies with the mandate that its studies are of a transversal nature and have a percentage of around 50% in geographic coverage at the national level.

Keywords: bibliometrics, heuristics, hermeneutics, research program, academic production..

INTRODUCCIÓN

El génesis de los estudios sobre el estado del arte se dio en Suiza de acuerdo a Gutiérrez (2009) y Souza (2005), cuando en 1907, Nicolás Roubakini diseñó y elaboró un catálogo de las grandes obras de la humanidad, para analizar la forma de elaboración de los libros, su contenido y las formas de apropiación por parte de los lectores. Los estudios relativos al estado del arte tienen su antecedente al finalizar la década de los años 70 y la de los 80, en las cuales se estructuraron propuestas de tipo cualitativo en la investigación que tuvieron un incremento en la área educativa. Esto hizo necesario desarrollar un esquema en el cual se pudiera observar lo que se trabajó o se supo sobre algún tema en particular del conocimiento científico (Galeano y Vélez, 2006; Alzate, 2006; López, 2009; Gómez et al., 2015). Los estudios del estado del arte, originalmente se orientaron principalmente a las ciencias sociales de América Latina en los cuales la esencia era recopilar información existente de un *ítem* específico para dar base a políticas públicas y diseño de estrategias para el desarrollo social y es en la década de los 80 cuando se consolidaron los estudios del estado del arte con la idea central de que las propuestas de investigación y sus productos derivados de la misma fueran reconocidos en el ámbito científico (Molina, 2005; REBICAMCLI, 2014).

La revisión del estado del arte de un tópico específico constituye un paso dentro del proceso de construcción de conocimiento, ya que el estudio previo y sistemático de las investigaciones precedentes permite contribuir al mejoramiento de la teoría / práctica para llegar a conclusiones y respuestas que permitan proyectar el futuro de un tema específico. Como parte de las reflexiones que se realizan dentro de éste tipo de estudios se encuentran las siguientes: ¿qué tanto se ha investigado?, ¿qué vacíos de investigación existen?, ¿qué impactos produjo la investigación?, ¿quiénes han investigado?, ¿qué aspectos faltan por abordar?, ¿desde qué dimensiones se ha investigado?, ¿qué logros se han obtenido?, ¿qué productos o entregables se han generado? (Londoño, 2014).

El estado del arte de acuerdo a Haro (2010), Rojas (2007) y Guevara (2016) dan cuenta hasta donde ha avanzado la investigación en ese campo (sobre algún tema en particular de alguna disciplina) y se la conoce como “conocimiento de punta”. Los citados autores señalan que, dentro de un escrito de tipo académico, tecnológico e investigativo, se denomina estado del arte a la base teórica sobre la que sustenta el escrito, la cual se debate en el desarrollo posterior del documento y también menciona que es el nivel más alto de desarrollo en un momento determinado sobre una técnica o campo científico. Desde hace aproximadamente siete años los estudios del estado del arte se han vuelto más eficientes ya que los metabuscadores disponibles en google, así como los mapeos de información han logrado reducir los tiempos de búsqueda.

El Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (Cenid Comef) se fundó en año de 1994 dentro de la estructura del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), bajo el enfoque de realizar investigaciones en el ámbito forestal y generar conocimiento de punta y que mediante la transferencia de tecnología sirva a la sociedad del país.

El INIFAP (2018) contempla dentro de su Programa de Desarrollo 2018-2030 una serie de lineamientos que encuadran a los diversos tópicos de investigación dentro de los tres subsectores que atiende: el forestal, agrícola y pecuario. En la Figura 1, se presenta el modelo de alineación del tema de socioeconomía de uno de sus centros nacionales de investigación disciplinaria: el Cenid - Comef.

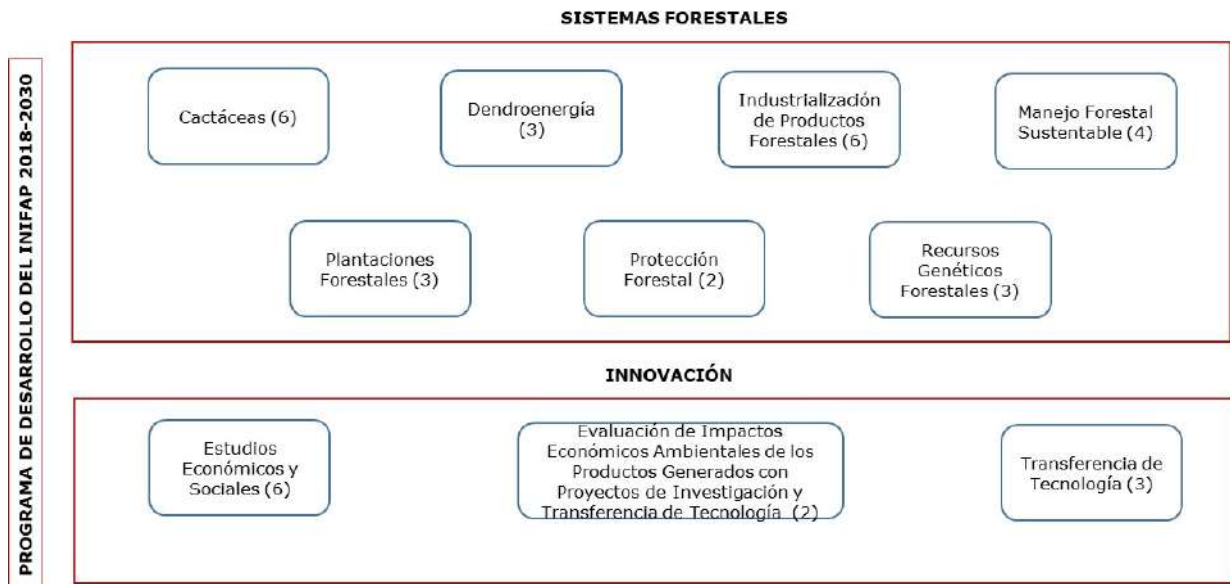


Figura 1. Alineación de los tópicos económicos y sociales del Cenid Comef con el Programa de Desarrollo del INIFAP 2018-2030. (Fuente: INIFAP, 2018).

Figure 1. Alignment of the economics and socials topics of Cenid Comef with the INIFAP Development Program. (Source: INIFAP, 2028).

Con el propósito de mejorar la eficiencia en la atención a las demandas de los usuarios, mejorar el uso eficiente de los recursos y obtener un mayor impacto de los resultados de investigación, a partir de 2011, el NIFAP reorganizó la estructuración de Programas de Investigación, entre ellos el de Socioeconomía. El Programa de Investigación se define como: *“El conjunto de actividades de investigación multidisciplinaria, con objetivos, metas y entregables comunes, para generar conocimientos y tecnologías que solucionen problemas expresados en las demandas de usuarios y beneficiarios”* (INIFAP, 2006 p 8.). Dicho programa se integra a las Redes de Innovación de Cadenas de Valor y de Conocimiento, tanto a nivel nacional como internacional.

La idea central de desarrollar este estudio surgió cuando en 2019, se realizó la conmemoración del XXV Aniversario del Cenid Comef y durante la cual se constató que el Programa de Socioeconomía como tal, se estableció como parte de la estructura organizacional de dicho centro (Zamora y Romero, 2019).

El objetivo de la investigación fue conocer el estado del arte de la investigación en temas socioeconómicos que se realizaron en el Cenid Comef a lo largo de 26 años (desde su fundación en 1994 a 2020) para que sus directivos (tomadores de decisión) tengan elementos de juicio para una mejor asignación de recursos (físicos, monetarios, tecnológicos y principalmente de asignación de talentos humanos).

La hipótesis de la investigación se basa en la situación de que el programa de investigación en socioeconomía cumple con el mandato de que sus estudios son de carácter transversal y tienen un porcentaje de alrededor del 50 % en cobertura geográfica a nivel nacional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de analizar lo que se realizó en materia de investigación en temas económicos y sociales forestales en el Cenid Comef desde su fundación, hasta el año 2020, se seleccionó como eje central a los estudios del estado del arte como hilo conductor para conocer la evolución, desarrollo y tendencia de los distintos tópicos en este centro de investigación silvícola perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Para el desarrollo de la investigación documental se realizó un proceso de selección que inició con la conformación de un equipo multidisciplinario de nueve investigadores (dos mujeres y siete hombres) que cumplieron con los perfiles necesarios para llevar las actividades de planeación y seguimiento del proyecto; todos ellos adscritos al Cenid Comef con experiencia en 14 áreas: silvicultura, plantaciones forestales, sanidad forestal, potencial productivo, agroecología, recursos naturales, agroindustrias, suelos, planeación estratégica, agrometeorología, evaluación de proyectos, biología, agronomía y economía.

Previo al inicio del proyecto se realizó un taller de sintonía para que todo el equipo de científicos tuviese el mismo nivel de información y hacer la asignación de funciones, temas y trabajos específicos del protocolo de investigación.



La búsqueda y compilación de las fuentes de información (*heurística*) se hicieron por medio de bibliografías, libros, artículos, trabajos especiales, documentos oficiales o privados, revistas, trabajos de investigación, tesis, medios digitales (como los cd's o documentos en usb) e internet. En esta fase, el equipo de investigación definió cinco tipos de entregables a ser considerados y elaborados solo por personal investigador del Cenid Comef: i) libros, ii) capítulos de libros, iii) artículos científicos, iv) folletos y v) generación de tecnologías. Lo anterior permitió la sistematización de la información a lo largo del horizonte del proyecto de investigación.

Periodo de análisis, se tomó en cuenta el año de la fundación del Cenid Comef en 1994 y hasta el 2020, además se consideró como elemento de decisión para considerar un entregable de investigación, sólo lo que publicaron los investigadores que fueron asignados y se encuentran actualmente en el Programa de Investigación en Socioeconomía, que aparecen como primer autor o bien como autor por correspondencia y así mismo, que los entregables estuvieran registrados dentro del Sistema Institucional de la Gestión Integral (SIGI) del propio INIFAP.

Para la interpretación y explicación de las relaciones entre un contexto y los hechos que se sucedieron (*hermenéutica*) se siguió el proceso metodológico definido por Londoño et al. (2014) (Figura 2). Este consiste en la identificación y selección del área o tema por tratar con lo cual se busca, establecer los elementos teóricos en los que se basa la construcción del estado del arte y contextualizar el objeto del estudio, el segundo acto consiste en la exploración mediante una lectura analítica para precisar la información que se busca, la tercera actividad se refiere a la descripción de los datos pertinentes motivo de estudio, la cuarta acción se refiere a la formulación y generación de bases de datos de la información encontrada. Finalmente, se realiza la interpretación de la información que se recolectó, se elabora la construcción teórica que integra la revisión e interpretación de los temas para presentar el estado del arte y finalmente su publicación para dar a conocer a la sociedad en general y científica, los resultados del estudio.

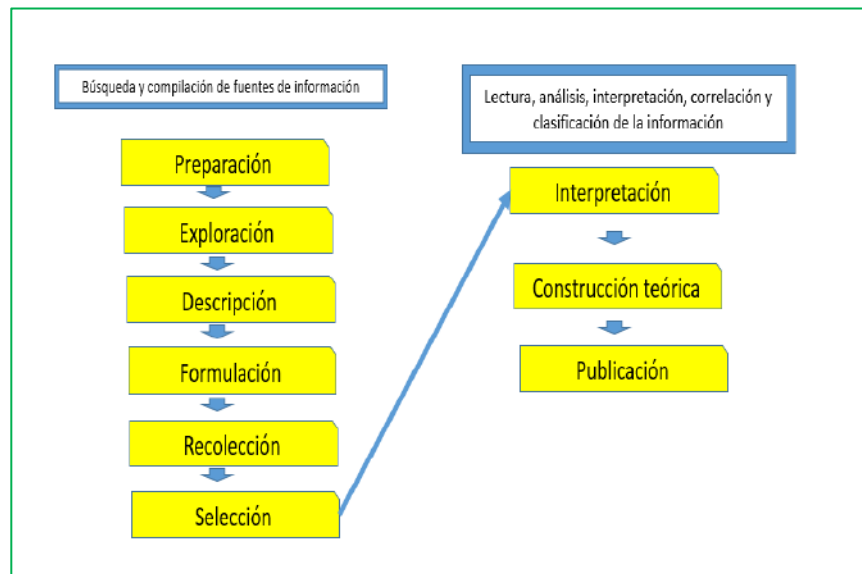


Figura 2. Proceso metodológico. (Fuente: Adecuado de Londoño et al., 2014).

Figure 2. Methodological process. (Source: Suitable of Londoño et al., 2014).

El Programa de Investigación en Socioeconomía del Cenid Comef se conforma por tres tipos de aportaciones científicas: las de carácter forestal, que son las prioritarias dentro del centro, las que abordan temas agrícolas y los de tipo pecuario y se representa por la expresión:

$$(PISE) = \sum_{k=0}^n esef + esep$$

Donde: PISE = Programa de Investigación en SocioEconomía; esef = estudios sociales y económicos de tipo forestal y esep = estudios sociales y económicos de tipo agrícola y pecuario.

Índice de productividad del Programa de Investigación en Socioeconomía: se seleccionó el relativo a la cantidad de artículos científicos bajo la fórmula:

$$IPPISE = \frac{T. a. c.}{n}$$

Donde IPPISE = Índice de Productividad del Programa de Investigación en Socioeconomía; T. a. c = Total de artículos científicos y n = número de años

Cobertura geográfica de las investigaciones. La clasificación del ámbito espacial se dividió de la siguiente manera: i) Internacional, ii) Nacional, iii) Regional, iv) Estatal y v) Municipal o local.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La totalidad de los entregables que se generaron en el Programa de Investigación en SocioEconomía del Cenid Comef durante los 26 años de existencia, los resultados de los estudios económicos y sociales de los subsectores forestal, agrícola y pecuario (Cuadro 1).

Cuadro 1. Entregables generados por tipo de documento del PISE del Cenid Comef de 1994 a 2020.

Table 1. Deliverables generated by type of PISE document of Cenid Comef from 1994 - 2020.

Año	Libro	Capítulo de libro	Artículo científico	Tecnología generada	Folleto
1994	0	0	0	0	0
1995	0	0	0	0	0
1996	0	0	0	0	0
1997	0	0	0	0	0
1998	0	0	0	0	0
1999	0	0	0	0	0
2000	0	0	0	0	0
2001	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0
2006	0	0	2	0	0
2007	0	1	1	1	0
2008	1	0	4	0	0
2009	0	0	0	0	0
2010	0	0	1	0	0
2011	0	0	1	0	2
2012	1	1	2	0	0
2013	0	0	2	0	0
2014	0	0	1	0	0
2015	0	0	0	0	0
2016	0	0	0	0	0
2017	0	2	2	0	1
2018	0	3	1	0	0
2019	0	1	3	0	0
2020	0	1	5	0	0
Total	2	9	25	1	3

Fuente: elaboración propia con información del Cenid Comef.

Los principales productos generados por la investigación económica y social en el Cenid Comef durante el periodo de 26 años (1994–2020) fueron los artículos científicos ya que representaron el 62.5 % de los entregables, seguido de los capítulos de libro con el 27.8 %, los folletos con 7.5 %, libros con 5.0 % y el 2.5% correspondió a tecnologías generadas. Para los dos primeros productos, los resultados obtenidos están en concordancia con los que calculó Rosas et al. (2021) en un estudio bibliométrico sobre producción científica de cadena de valor (eslabones que van desde la producción hasta la comercialización), quienes reportan que las principales publicaciones fueron los artículos científicos y capítulos de libro con 71% y 13% respectivamente.

De acuerdo al estudio de Uscanga et al. (2018) sobre la investigación que se realizó en el Sitio Experimental El Tormento del Centro de Investigación Regional Sureste del INIFAP, los artículos científicos publicados en revistas representaron el 21.3% de sus aportaciones, los folletos lo hicieron con el 12.6% y los libros que fueron publicados alcanzaron solo el 0.8%

En la Figura 3 se muestra el comportamiento que tuvieron los productos generados por la investigación en materia de estudios económicos y sociales al atender las demandas del sector rural, el eje de las x son los años y el de las y número de entregables. Al respecto el Programa de Investigación en Socioeconomía existe desde que se fundó el Cenid Comef, sin embargo, en sus primeros años (1994 a 2003) no se generaron los entregables que se consideraron dentro del proceso metodológico. Se observa un espacio vacío en el bienio 2015/16, lo cual se debió a que el investigador asignado dicho programa realizó funciones directivas durante ese lapso. El entregable que sobresale es el de artículos científicos y al determinar el índice de productividad del programa relativo al entregable citado, para el periodo completo (1994 a 2020) es de 0.96/año y al considerar solo el periodo de 2006/2020 (en crecimiento y consolidación), el índice incrementa a 1.66/año.

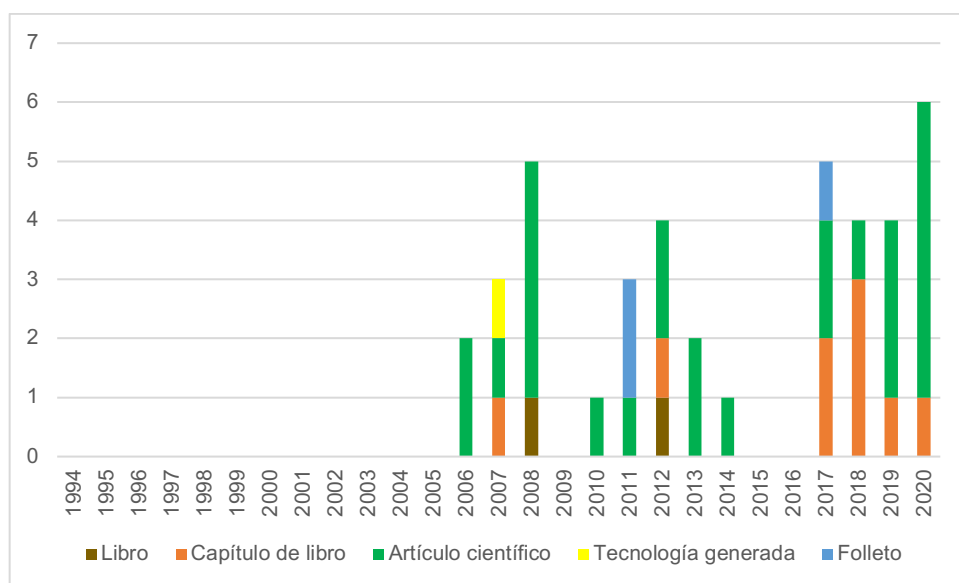


Figura 3. Distribución de los entregables generados en el Programa de Investigación en Socioeconomía del Cenid Comef durante el periodo 1994–2020. Fuente. Elaboración propia con datos del Cenid Comef.

Figure 3. Distribution of deliverables generated in the Research Program in Socioeconomics of Cenid Comef during the period 1994-2020. Source: Own elaboration with data from Cenid Comef.

Con relación a la cobertura geográfica de los estudios económicos y sociales generados por el PISE en el periodo de los 26 años, en el ámbito internacional fue del 5% y el nacional 45% lo que conforman la mitad de los estudios que se realizaron, la cobertura geográfica estatal destaca en importancia con un 33%, mientras que los estudios de tipo regional que abarcan más de una región agroecológica solo representaron el 17%.

Con relación a los temas de investigación que se estudiaron en el programa de investigación en socioeconomía del Cenid Comef, se agruparon en 10 categorías distribuyendo de la siguiente forma Estudios Prospectivos (27%), Evaluación de Rentabilidad Financiera (12%), Investigación Documental (7%), Economía Forestal (7%), Análisis de Demandas (5%), Captación de Demandas (35), Indicadores de Ciencia y Tecnología (13%), Sostenibilidad (2.5%), Extensionismo y Calidad(18%).

Los estudios prospectivos registraron más de una cuarta parte, siguieron aquellos que versan sobre extensionismo y que representan poco menos de una quinta parte, en tercer lugar, los tópicos de indicadores de ciencia y tecnología con y los de rentabilidad financiera de los diversos paquetes tecnológicos que genera el INIFAP. En un estudio de Jofre et al. (2013) relativo al estudio del arte sobre el tema de la relación Agua – Plantaciones en el país de Chile, encontraron que el 50% de sus aportaciones científicas se relacionaban con el tópico de balance hídrico con el 45% y manejo con el 20%.

Con relación a la atención a los subsectores del sector rural: agrícola, pecuario, forestal y multisectorial (la combinación de dos o tres de los mencionados), como se establece dentro del mandato del INIFAP (2021), se muestra en la Figura 4.

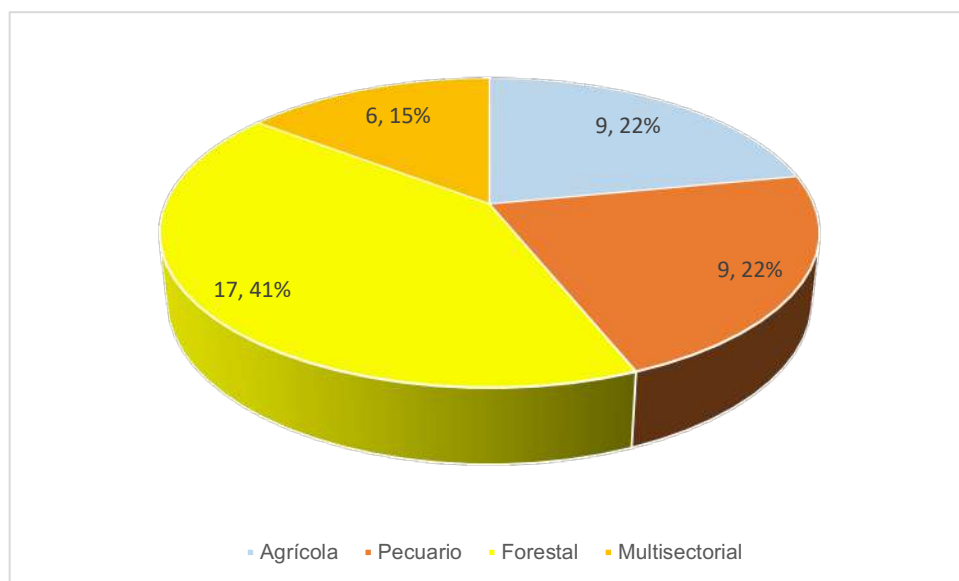


Figura 4. Entregables del Programa de Investigación en Socioeconomía por subsector del medio rural. (Fuente: Elaboración propia con datos del Cenid-Comef).

Figure 4. Deliverables of the Research Program in Socioeconomics by subsector of the rural environment. (Source: Own elaboration with data from Cenid Comef).

La mayoría de los trabajos que se realizaron por el Programa de Investigación en Socioeconomía se focalizaron hacia el subsector forestal con un 41%, a los cuales, si se les agregan los tipificados como multisectoriales alcanzan un 66% y el resto se repartió de manera equitativa entre lo agrícola y lo pecuario (Figura 4).

CONCLUSIÓN

El Programa de Investigación en Socioeconomía (PISE) existe desde la fundación del Cenid Comef. En los primeros 12 años, la generación de conocimiento en esta disciplina no alcanzó las características del tipo de entregables (artículos científicos, capítulos de libros, folletos, libros y tecnologías generadas) que se establecieron en este proyecto. En la segunda mitad de funcionamiento de este Centro (crecimiento y consolidación) es que, se registró la mayor cantidad de entregables que se estipularon en el protocolo de investigación.

Las aportaciones del PISE se concentran en los artículos científicos que significaron poco menos de las dos terceras partes de los entregables y que abarcan los tres subsectores que atiende el INIFAP: forestal, agrícola y pecuario, con lo cual se cumple con la transversalidad del programa en el sentido de que se deben atender las demandas de los subsectores mencionados. Al sumar a los artículos y los capítulos de libros, la proporción acumuló al 80%. De igual manera, las coberturas geográficas de las aportaciones científicas en su mayoría fueron de tipo nacional como se establece en el mandato de los Cenids del INIFAP.

Los principales tópicos que se investigaron a lo largo del horizonte del proyecto, fueron los estudios prospectivos o de futuro y las de evaluaciones financieras de las tecnologías generadas por los científicos de áreas forestales, agrícolas y pecuarias, ambas tuvieron una participación de más de la tercera parte de los tópicos de investigación.

El principal subsector en el que se focalizaron los trabajos de investigación del Programa de Investigación en Socioeconomía fue el relativo a lo forestal, ya que dos terceras partes abarcaron a este subsector del medio rural.

Agradecimientos

Al INIFAP (Cenid Comef) por otorgar las facilidades y el financiamiento para realizar las actividades de investigación por medio de su programa transversal de socioeconomía forestal.



LITERATURA CITADA

- Alzate, M. Y. (2006). Estado del arte: concepto de inteligencia en el contexto de la psicología educativa. (Trabajo de grado inédito). Universidad de Antioquia. El Carmen del Viboral, Medellín, Colombia. documentales en investigación cualitativa. Universidad de Antioquia. Centro de Investigaciones Sociales y Humanas. Medellín, Colombia.
- Galeano, M. M. E. y Vélez, R. O. L. (2006). Estado del arte sobre fuentes documentales en investigación cualitativa. Universidad de Antioquia. Centro de Investigaciones Sociales y Humanas. Medellín, Colombia.
- Gómez, V. M., Galeano, H. C. y Jaramillo, M. D. A. (2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, Volumen 6, Número. 2, julio – diciembre, 2015, 423 – 442 p. Medellín, Colombia.
- Guevara, P. R. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos?. *Revista folios*, 44(1), 165-179.
- Gutiérrez, V. A. (2009). El estudio de las prácticas y las representaciones sociales de la lectura: génesis y el estado del arte. Universidad de Murcia. *Revista Anales de Documentación*, Murcia, España. Número. 12. 53 – 67 p.
- Haro, J. A. (2010). *La fase exploratoria: antecedentes y estado del arte del problema de investigación*. Seminario I de Investigación. Doctorado en Ciencias Sociales. Estudios Socioculturales de Salud. El Colegio de Sonora. Hermosillo, Son. México. 21 p.
- INIFAP [Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias]. (2006). Disponible en: http://www.inifap.gob.mx/SitePages/inifap2015/Quienes_Somos/quienes_somos.aspx (consulta julio 2021).
- INIFAP [Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias]. (2018). Programa de Desarrollo del INIFAP 2018–2030. Mayor productividad en armonía con el medio ambiente. Ciudad de México. México. 237 p.
- INIFAP [Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias]. (2021). Disponible en [gob.mx](http://www.gob.mx) (www.gob.mx) Consulta en diciembre de 2021

- Jofre, P., Buchner, C., Ipinza, R., Bahamondez, C., Barros, S., García, P. y Cabrera J. (2013). Estado del arte, las plantaciones forestales y el agua. Instituto Forestal, Sede Los Ríos. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Valdivia, Chile. 122 p.
- Londoño, P. O., L. F. Maldonado G., L. C. Calderón V. (2014). Guía para construir estados del arte. International Corporation of Networks of Knowledge. Bogotá, Colombia.
- López, L. Á. M. (2009). Estado del arte: psicología clínica: concepto y práctica. (Trabajo de grado inédito). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Molina, M. N. P. (2005). Herramientas para investigar. ¿Qué es el estado del arte? *Revista Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, (5), 73-75.
- REBICAMCLI [Red de Bioeconomía y Cambio Climático]. (2014). Estado del Arte de la Bioeconomía y el Cambio Climático. Editorial Universitaria. UNAN. León, Nicaragua.
- Rojas, S. P. (2007). El estado del arte como estrategia de formación en la investigación. *Revista studiositas*, 2(3), 5-10.
- Rosas, J. M. I., S. X. Almeraya Q., L. G. Guajardo H. y D. M. Sangerman J. (2021). Análisis bibliométrico de la producción científica sobre cadena de valor turística. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1101-1113.
- Souza, M. S. (2005). El estado del Arte. <http://www.uninorte.edu.co/divisiones/humanidades/Eureka/Numero1/Articulo5.htm>. Consulta septiembre 2021.
- Uscanga, P. N. G., Aguilar, D. Y. G., Maya, M. A., Díaz M. E. R. A. y Esparza, O. L. G. (2018). Compendio histórico de la investigación realizada en el Centro de Investigación y Transferencia de Tecnología Forestal el Tormento. Campo Experimental Mocochoá. Centro de Investigación Regional Sureste. SAGARPA. INIFAP. Publicación Especial Número 10. Mérida, Yucatán, México. 30 p.
- Zamora-Martínez, M. C. y Romero, S. M. E. (Editores). (2019). XXV Aniversario del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales (Cenid Comef). Cenid Comef, INIFAP. Publicación Especial Número 1. Ciudad de México, México. 40 p.

CUANTIFICACIÓN DE DECORINA POR PCR EN TIEMPO REAL E IMMUNOLOCALIZACIÓN EN MÚSCULO DE VACAS HOLSTEIN ^a

QUANTIFICATION OF DECORIN BY PCR IN REAL TIME AND IMMUNOLOCALIZATION IN MUSCLE OF HOLSTEIN COWS

Mendoza-Carrillo, J.M.^{1*}; Sanzón-Gómez, D.¹; González-Rodríguez, E.² y García-Munguía, C.A.¹

¹Universidad de Guanajuato. División de Ciencias de la Vida. Ex Hda. El Copal Km. 9.0 Carr. Irapuato Silao, C.P. 36824. Irapuato, Gto.

²Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Medicina y Ciencias Biomédicas. Campus UACH II, 31109. Chihuahua, Chih.

* E-mail: jm.mendoza@ugto.mx

Fecha de envío: 05, abril, 2022

Fecha de publicación: 16, diciembre, 2022

Resumen:

La decorina (DCN) es un proteoglicano presente en los músculos de bovinos y su cantidad puede afectar la formación de fibras de colágeno e influir en la calidad de la carne. Se carece de información sobre la cantidad de DCN presente en músculos de animales adultos con diferente condición corporal (CC) y su efecto con la calidad de la carne. El objetivo de este experimento fue relacionar la expresión del gen que codifica para DNC por medio de PCR en tiempo real y por localización inmunohistoquímica en tejido de bovinos Holstein con diferente CC y su posible efecto en la textura de la carne. Se utilizaron 20 vacas de desecho Holstein de diferentes orígenes, sistemas de producción y con cinco CC (CC-1, emaciado, CC-2, delgado, CC-3, en peso, CC-4, gordo y CC-5, obeso) de un rastro TIF. Se tomaron muestras de tejido del músculo *Longissimus dorsi* (LD) de entre la 7^a y 12^a costilla de cada canal, las cuales se procesaron para la expresión del gen de DCN por PCR-RT y por localización inmunohistoquímica. Los datos del ARNm se ajustaron con un procedimiento GLM. La CC-1 y CC-2 presentaron valores de expresión bajos de ARNm, por el contrario, la CC-3, CC-4 y CC-5 presentaron valores altos. Lo anterior coincidió con lo observado en las micrografías donde se presenta una mayor intensidad de la inmunofluorescencia en las CC mayores (3 a 5), donde CC-5 presentó una franja de fluorescencia más gruesa, reflejando una mayor expresión de DCN. Los cambios en la expresión de la DNC aumentan cuando mejora la condición corporal de las vacas Holstein de manera lineal positiva.

Palabras clave: Proteoglicanos, condición corporal, inmunohistoquímica, vacas de desecho, carne.

^a Parte del trabajo de Disertación Doctoral y trabajo de investigación con apoyo PRODEP.

Abstract:

Decorin (DCN) is a proteoglycan present in bovine muscles and its quantity can affect the formation of collagen fibers and influence meat quality. Information on the amount of DCN present in muscles of adult animals with different body condition (CC) and its effect on meat quality is lacking. The objective of this experiment was to relate the expression of the gene that codes for DNC by means of real-time PCR (PCR-RT), and by immunohistochemical localization in Holstein bovine tissue with different CC and its possible effect on meat texture. The mRNA data were adjusted using a GLM. 20 Holstein cull cows from different origins, production systems and with five CC (CC-1, emaciated, CC-2, lean, CC-3, in weight, CC-4, fat and CC-5, obese) were used of a TIF trace. *Longissimus dorsi* (LD) muscle tissue samples were taken from between the 7th and 12th rib of each carcass, which were processed for DCN gene expression by RT-PCR and by immunohistochemical localization. CC-1 and CC-2 presented low mRNA expression values, while CC-3, CC-4 and CC-5 presented high values. The foregoing coincided with what was observed in the micrographs where a greater intensity of immunofluorescence is presented in the larger CCs (3 to 5), with CC-5 being the one that presented a thicker fluorescence fringe, reflecting a greater expression of DCN. Changes in DNC expression increase when Holstein cows' body condition improves in a positive linear manner.

Keywords: Proteoglycans, body condition score, immunohistochemistry, cull cows, beef.

INTRODUCCIÓN

Los estudios e investigaciones en el músculo esquelético de los animales se han enfocado en la evaluación de las estructuras mínimas de contracción como la actina y la miosina. Sin embargo, el desarrollo del músculo está organizado y regulado por procesos que se realizan entre el músculo y las fibras musculares conformada por el tejido conectivo intramuscular (TCIM) que rodean y envuelven al músculo (Nishimura et al., 2002; Nishimura, 2010).

Uno de los componentes más importantes del TCIM es la matriz extracelular (MEC). Esta última forma parte de las tres capas de tejido conectivo (epimio, perimio y endomio) y está compuesta por fibras de colágeno, elastina, proteoglicanos (PG) y glicoproteínas. La MEC es una estructura dinámica que a través de la ruta de señalización célula-matriz regula el comportamiento de las células a través de la interacción de las moléculas la componen con múltiples factores de crecimiento (Velleman, 1999; Wang et al., 2019), los cuales afectan la respuesta del músculo esquelético a la fuerza de tensión, los enlaces cruzados y la organización fibrilar que determinan la elasticidad del músculo (Velleman, 2002; Hao et al., 2022).

El colágeno, componente importante de la MEC tiene una distribución específica y propiedades funcionales únicas en el tejido, formado por los tipos I y III (Bailey y Light, 1989; Kjaer, 2004; González y Bellón, 2013). Los PG, macromoléculas compuestas por una proteína central unida por medio de enlaces covalentes a múltiples cadenas de glicosaminoglicanos (GAG) (Velleman, 2000). Dentro de los PG se encuentra la decorina (DCN) que pertenece a los pequeños PG, ricos en leucina de bajo peso molecular (45kDa), que modula la actividad de los factores de crecimiento tipo beta (TGF- β) y otros factores de crecimiento que influyen en los procesos de proliferación y diferenciación en una amplia gama de reacciones fisiológicas y patológicas (Brandan et al., 2006). La DCN interfiere en la diferenciación y migración celular de la formación de tejido conectivo en el músculo esquelético y la expresión de RNAm es mayor en tejido muscular fetal que en neonatos y adultos (Yoshida et al., 1998; Casar et al., 2004).

La DNC contribuye a la regulación de la fibrillogénesis del colágeno (Danielson et al., 1997), uniendo y estabilizando las fibrillas de colágeno (Scott y Thomlinson, 1998), también influye en la transmisión de la fuerza desde la miofibrilla hacia el tendón del músculo esquelético (Purslow y Duance, 1990) e interaccionan con el colágeno fibrilar tipo I, II y III (Vogel y Trotter, 1987; Scott, 1988; Weber et al., 1996; Loscalzo et al., 2013).

También, la DNC es importante en la morfogénesis del TCIM durante el desarrollo fetal de los bovinos (Nishimura et al., 2002), influye en la inactividad y el crecimiento de las células musculares por la modulación de los factores de crecimiento (Zhu et al., 2007; Kishioka et al., 2008; Nishimura et al., 2008). Así mismo, ésta morfogénesis del tejido conectivo intramuscular que soporta las fibras musculares, importante en la ternura de la carne (Scott, 1992; McCormick, 1999). Por tanto, el nivel de DCN podría afectar la formación de fibras de colágeno e influir negativamente en la calidad de la carne (Albrecht et al., 2011).

Por otra parte, la condición corporal (CC) estima las reservas de energía en los animales proporcionándoles una calificación en escala de 5 puntos (1= emaciada, 5= obesa) al ganado lechero (Wildman et al., 1982; Zin et al, 2020), el nivel de CC en los animales es un factor que afecta en la calidad de la carne. Durante la restricción nutricional, el recambio proteico, la remodelación del tejido conectivo, y la atrofia del músculo tienen lugar en el músculo esquelético (Byrne et al., 2005).

El balance energético positivo prolongado de energía induce cambios en el tejido adiposo que coinciden con los procesos de remodelación, degradación y reconstrucción de la MEC existente (Cao, 2007; Hausman y Richardson, 2004; Mlynek et al., 2022). A nivel molecular se ha observado en humanos y en ratones obesos, que la expansión del tejido adiposo requiere el desarrollo de una alta vascularización, proceso que coincide con una elevada expansión de DCN, lo que sugiere que la regulación de la expresión de esta proteína se encuentra estrechamente relacionada a este evento y es importante para facilitar la formación de nuevas estructuras de la MEC (Bolton et al., 2008).

Diversos trabajos realizados con las técnicas de inmunohistoquímica en perimio y endomisio de bovinos (Eggen et al., 1994) demuestran que la DCN es el mayor PG presente en músculos bovinos (Krusius y Ruoslahti, 1986) Sin embargo, no se han reportado trabajos dirigidos a evaluar la cantidad de DCN presente en músculo de animales adultos, en relación con los diferentes grados de CC y su efecto con la calidad de la carne. La hipótesis para este trabajo establece que la calificación de la CC de los animales afecta los niveles de expresión de la DNC ante los cambios en el balance energético positivo y negativo en los animales. El objetivo de este experimento fue relacionar la expresión del gen que codifica para DNC por medio de PCR en tiempo real (PCR-RT), y por localización inmunohistoquímica en tejido de bovinos Holstein con diferente CC y su posible efecto en la textura de la carne.

MATERIALES Y MÉTODOS

Calificación de Condición Corporal y Preparación de Muestras

Se utilizaron 20 vacas de desecho Holstein de diferentes orígenes y sistemas de producción las cuales fueron procesadas en el rastro TIF 366 bajo la NOM-09-ZOO-1994 en la ciudad de Chihuahua, México que fueron calificadas según el método de Wildman et al. (1982) en cinco condiciones corporales (CC) (CC-1, emaciado, CC-2, delgado, CC-3, en peso, CC-4, gordo y CC-5, obeso), de acuerdo con su dentición mostraron un rango de edad de 24 a 36 meses. De los 5 a 10 min *post* matanza se tomaron muestras de tejido del músculo *Longissimus dorsi* (LD) de entre la 7^a y 12^a costilla de cada canal.

Cuantificación de la Expresión de la Decorina por PCR en Tiempo Real

Toma de las muestras. Se obtuvieron 20 muestras del músculo LD recolectadas de las canales y fueron agrupadas en cuatro repeticiones (a, b, c y d), en cada repetición se encontraron representadas las cinco CC. Cada muestra se cortó en cuatro fracciones de aproximadamente 5 mm² y cada una se colocó en un criotubo con una solución ARN later® (Tissue Collection: ARN Stabilization Solution de la empresa AB Applied Biosytem), con la finalidad de conservar la integridad de las muestras. Estas se mantuvieron en refrigeración entre 2 y 4°C y fueron trasladadas al laboratorio para su procesamiento.

ARN total. La extracción de ARN se llevó a cabo por el método de Trizol reagent (Invitrogen Carlsbad, CA) utilizando de 50 a 100 mg de tejido músculo esquelético y fue homogenizada en un mortero pre enfriado con nitrógeno líquido, el homogenizado fue colocado en un tubo eppendorf y fue mezclado en un vortex con 1 mL de Trizol, incubándose por 5 min a temperatura ambiente. Se agregaron 300 µL de cloroformo al tubo y se agitó por 15 s con vortex, para después realizar una incubación por 15 min a 4°C. Seguido de la incubación, se centrifugó a 13,000 rpm a 4°C por 15 min. La fase acuosa superior que contiene el ARN total, fue transferida a tubos eppendorf nuevos con 500 µL de isopropanol, se mezcló suavemente y se incubó por 10 min a temperatura ambiente. Cada muestra fue centrifugada a 13,000 rpm a 4°C por 10 min. El sobrenadante se descartó y la pastilla generada se lavó con 1 mL de etanol al 75% en agua DEPC (Dietil policarbonato), se mezcló suavemente para extraer el exceso de líquido con papel para secar la muestra, para posteriormente centrifugarse a 8,500 rpm a 4°C por 5 min. El alcohol fue descartado y con cuidado el exceso de alcohol fue evaporado aireando la muestra. La pastilla se resuspendió en 50 µL de agua DEPC (0.05 – 0.1%) y se almacenaron a -80°C. El ARN se cuantificó con un espectrofotómetro a 260 nm, utilizando agua tridestilada como blanco. Se realizaron lecturas por triplicado de las muestras, para posteriormente calcular su pureza con la siguiente fórmula:

Valor de la observancia 40X (Absorbancia 260 nm) x (factor de dilución 1000) /1000= valor por cada 2 µL. El resultado se divido entre 2 µL y el resultado es el valor en µg mL⁻¹ o ng mL⁻¹. Finalmente, los valores se corroboraron con el equipo Nanodrop.

Síntesis de ADNc. La síntesis del ADN complementario (ADNc) a partir del ARN total obtenido, se realizó con el Kit de AB System Apply High Capacity DNA Reverse Transcript. Se preparó una reacción que contenía $0.5 \mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$ de Oligo dT, 10mM dNTPS mix, 1 μg de ARN total y H_2O inyectable para ajustar el volumen a la cantidad de $16.6 \mu\text{L}$. La mezcla fue incubada 10 min en hielo y posteriormente homogenizada con una segunda mezcla de $3.0 \mu\text{L}$ que contenía Buffer de síntesis 5X, 0.1 M DTT, 40 Units μL^{-1} RNAasa Out y $0.5 \mu\text{g } \mu\text{L}^{-1}$ Superscript II RT, para finalmente obtener un homogenizado de reacción de $20 \mu\text{L}$, la mezcla total fue incubada en el termociclador Techne Genius con el siguiente programa de síntesis: por 5 min a 65°C , para iniciar la fase de alineamiento, 45°C por 60 min para la elongación, 85°C por 5 min en la desnaturalización. Finalizado el tiempo se enfrió la mezcla y mantuvo a 4°C .

PCR – RT. Se realizaron cuatro repeticiones por cada muestra de carne en cada una de las cinco diferentes calificaciones de CC de las vacas lecheras Holstein que fueron evaluadas por medio de la Reacción en Cadena de la Polimerasa en Tiempo Real (PCR-RT por sus siglas en inglés) en un equipo Step One Plus (AB system) para obtener los valores medios de umbral de fluorescencia (CT = Threshold cycle, por sus siglas en inglés) la cuantificación relativa (RQ) de la expresión de la DNC. El ADNc de cada muestra fue cuantificado en un equipo nanodrop para evaluar la concentración dentro de las muestras de tejido en cada CC ($130 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$ aproximadamente). Debido a que el umbral de fluorescencia aumenta exponencialmente, en cuanto más ADN inicial contenga la muestra menor número de ciclos requiere para evaluar la eficiencia de la reacción, las muestras del lote B, fueron diluidas a 200, 100, 50, 25, 12.50, 6.25 y $3.13 \text{ ng } \mu\text{L}^{-1}$. De ésta manera, para normalizar la cuantificación del ARNm blanco de cada reacción, se preparó una sonda de actina como gen de referencia endógena y como gen de interés de utilizó a la DNC para cada caso de CC, por triplicado para cada muestra de músculo. Se colocó para cada pozo, $20 \mu\text{L}$ de mezcla conteniendo $10 \mu\text{L}$ de Taqman Master mix, $1 \mu\text{L}$ de sonda para actina como gen endógeno, $1 \mu\text{L}$ ADNc y $8 \mu\text{L}$ de agua para cada pozo, por triplicado en una placa de 48 pozos en donde se cubrió y homogenizó a 3,500 rpm por 15 segundos.

La sonda utilizada para DNC fue Bt03230914_m1, con número de catálogo 4448892 y para actina fue Bt03279174_g1, con número de catálogo 4331182, ambas de la empresa Thermo Fisher. La PCR-RT fue realizada en el equipo StepOnePlus (ABSystem) con el siguiente programa de amplificación para ambos genes: 50°C por 2 min como inicio, 40 ciclos de 95°C por 30 s de desnaturalización, 55°C por 30 s de extensión y 72°C por 30 s de extensión final. El procedimiento se repitió para cada una de las muestras de músculo de vaca en las cinco CC de las cuatro repeticiones. Finalizada la amplificación se obtuvieron los valores promedio el CT y RQ de las muestras por cada CC con el programa StepOne Plus™ (ABSystem) proporcionó, mismos que se analizaron estadísticamente.

Expresión del Gen DNC con la Técnica de Inmunohistoquímica

Toma de muestras. De 20 vacas de raza Holstein que fueron calificadas en las cinco CC se obtuvieron 20 muestras del músculo LD de aproximadamente 2 X 2 X 2 cm cortadas transversalmente.

Fijación de las muestras. Estas se colocaron en frascos con capacidad de 100 mL con 70 mL de EtOH (etanol) al 70% y se conservaron a temperatura ambiente (14 - 20°C) como método de fijación. Posteriormente se procesaron las muestras en un equipo Microm STP 120, con EtOH a diferentes diluciones 75, 80, 90 y 95% por 15 min en cada una y por dos periodos de 15 min con EtOH absoluto. Finalizado este proceso se procedió a la formación del bloque de parafina con el equipo Microm EC 350, en donde se colocaron las muestras en parafina a 60°C por 20 min y se fijaron en porta muestras de plástico para posteriormente enfriarse y cortarse en un micrótopo Microm HM350 con navaja a un espesor de 5 µm y montados en portaobjetos xilanizados.

Desparafinación y rehidratación. Las muestras en los portaobjetos xilanizados se colocaron en horno eléctrico a 200°C por el tiempo necesario para eliminar la parafina excedente, posteriormente para eliminar los restos de parafina estos se bañaron en xileno dos veces por 5 min cada vez. Para la rehidratación de las muestras se colocaron 3 min en EtOH al 100, 95, 80, 70 y 50% por 3 min en cada dilución. Posteriormente se colocaron en agua destilada por 3 min por dos periodos.

Proceso de eliminación de la auto fluorescencia. Se realizó incubando las muestras con 20 mL de una solución de PBS a pH 7.4 con 150 mM de glicina y 0.01% de Tween. Posteriormente se incubaron en una solución de PBS 1X a pH 7.4 tres veces por 3 min. Luego se colocaron en solución de 50 mM de NH_4Cl en PBS 1X pH 7.4 y después otra vez tres periodos de 3 min en solución de PBS 1X pH 7.4. Posteriormente se colocaron en solución de PBS a pH 7.4 a 4°C con 0.01% de borohidruro de sodio durante tres periodos de 10 min cada uno. Al termino se colocaron solo en solución de PBS 1X a pH 7.4 tres veces por 3 min cada vez. Por último, se colocaron por 30 min en 0.15 mM de etanolamina en PBS 1X a 4°C y después tres veces en solución de PBS 1X a pH 7.4 por 3 min cada vez.

Recuperación antigénica. Se colocaron las muestras por 30 min en solución 0.01% de EDTA a pH 9.0 a 90°C y posteriormente se mantuvieron a temperatura ambiente por 20 min en reposo en la misma solución hasta que tomó la temperatura ambiental.

Permeabilidad. Para incrementar la permeabilidad de la membrana las muestras se colocaron en una solución de PBS 1X con tritón al 0.02% en cámara húmeda por 30 min. Posteriormente se colocaron en solución de PBS 1X a pH 7.4 durante tres periodos de 5 min cada uno.

Bloqueo. Las laminillas se colocaron en una solución bloqueadora de suero fetal bovino 7% en PBS 1X a temperatura ambiente en cámara húmeda y posteriormente en solución de PBS 1X a pH 7.4 por 5 min por tres periodos.

Tinción y fijación de las muestras. 1) Se colocó el primer anticuerpo (primario) de DNC (N-15): sc-22613 del laboratorio Santa Cruz Biotechnology, Inc. en una dilución 1:25 en solución PBS 1X a pH 7.4, se incuban en cámara húmeda a temperatura ambiente por toda la noche. 2) Se colocó en solución de lavado por 5 min con PBS 1X a pH 7.4; 3) Posterior al lavado de las láminas se colocó por 1 h en contacto con el segundo anticuerpo (secundario) con anti IgG de cabra con FITC a temperatura ambiente; 4) Posteriormente se lavaron las muestras por triplicado por periodos de 5 min en solución PBS 1X a pH 7.4. Después se dejaron en cámara húmeda por 15 min y se colocó una o dos gotas de isómeros y xileno (resina de fijación) IVD HX803033 y se cubrieron con cubreobjetos que abarcaron toda el área de la muestra teñida.

Observación en microscopio. Una vez seca la resina se procedió a la observación en microscopio Ax10 Micro Imager A1 de Carl Zeiss y utilizando un filtro de luz 09 Zeiss con una emisión de LP 515 y excitación de 450 – 490nm de longitud de onda y con aumentos de 400X (10x en ocular y 40x en objetivo).

Análisis Estadísticos

Para los datos del ARNm se ajustaron con un procedimiento GLM del paquete estadístico SAS 9.0 (2000) y como único efecto fijo a la condición corporal de las vacas y la comparación de medias se realizó mediante contrastes polinomiales. Los valores fueron expresados como medias de los cuadrados mínimos de las muestras más su error estándar (\pm EE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuantificación de la Expresión de la Decorina (DCN) por PCR en Tiempo Real

Los valores obtenidos del análisis de la PCR en tiempo real con el equipo ABSsystem StepOne™, proporcionaron promedios del umbral de fluorescencia (CT) para cada triplicado de las muestras del músculo LD de vacas Holstein, así mismo, para el promedio de la cuantificación relativa (RQ por sus siglas en inglés) de las vueltas de expresión del gen DCN para cada CC (1 - 5) y estos se muestran en la Figura 1. Los valores de expresión del gen de la DCN representado por las medias del umbral de fluorescencia (CT) mostraron diferencias significativas ($p = 0.008$) entre las muestras de músculo de las vacas Holstein en cada una de las CC (1 – 5) conforme estas se incrementaron. Así mismo, los valores de la expresión de la DNC mostraron un comportamiento lineal positivo ($p = 0.00001$) expresado con mayores valores de CT. Como se observa en la Figura 1, conforme se fue incrementando la CC de 1 a 5, los valores del CT se fueron incrementando. Los valores de CT para CC-1 (animales emaciados), CC-3 (animales en peso ideal) y CC-5 (animales en condición obesa) fueron de 26.52, 28.26 y 28.90 respectivamente.

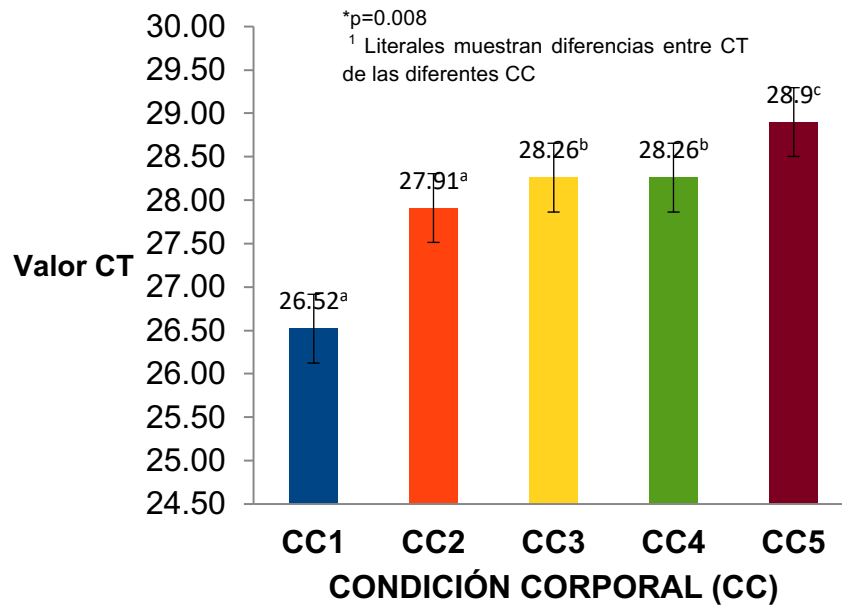


Figura 1. Valores de umbral de fluorescencia (CT) del ARNm de la decorina (\pm EE) de músculo *Longissimus dorsi* de vacas Holstein en diferentes condiciones corporales.

Figure 1. Fluorescence threshold (CT) values of decorin mRNA (\pm EE) from *Longissimus dorsi* muscle of Holstein cows under different body conditions.

En el Cuadro 1, la cuantificación relativa representada por RQ, que son las vueltas de expresión que el gen tuvo en cada una de las CC de las vacas Holstein, se observa como las CC-1 y CC-2 (0.8954 y 0.8754 respectivamente) no lograron expresar una vuelta (1.0), en comparación con los valores de RQ de las CC-3, CC-4 y CC-5.

Durante la restricción nutricional se afectan tejidos como el pulmón, cartílago, tejido muscular liso, vascular y músculo esquelético en la síntesis y degradación de los mismos como lo confirmó Spanheimer et al. (1991). Este reporte coincide con los del presente trabajo, los valores de expresión del ARNm de la DCN reportado como valor de CT son menores en la CC-1 en comparación con los valores de las CC-2 a la CC-5 y de la misma manera los valores de RQ, fueron significativamente menores en las CC bajas (1 y 2) comparados con los observados en los valores de RQ de las CC 3, 4 y 5.

Cuadro 1. Valores de la cuantificación relativa (RQ) de la expresión de ARNm de la decorina en músculo de vacas Holstein de diferentes condiciones corporales.

Table 1. Values of the relative quantification (RQ) of the expression of mRNA of decorin in muscle of Holstein cows of different body conditions.

Objetivo	Condición corporal (CC)				
	1	2	3	4	5
Diferencia ¹ vueltas	0.8954 ^a	0.8774 ^a	1.8783 ^b	2.1292 ^b	2.4665 ^c

¹Las literales muestran diferencias entre las vueltas de expresión de la decorina entre cada condición corporal

Los valores de CT y RQ obtenidos por la PCR-RT en las condiciones altas (3, 4 y 5) con aumentos en los valores en la expresión de la DCN, coinciden con el comportamiento de los valores reportados por Bolton et al. (2008) en ratones y humanos en la evaluación del tejido graso y órganos, así como por Ross et al. (2005) en bovinos.

La expresión de los genes varía de acuerdo al estado nutricional de los animales que afecta los niveles de energía, los aportes calóricos y proteicos de las dietas. Para los valores de la RQ, que es el número de vueltas o veces que la cantidad de ARNm se expresó en este trabajo, mostró que en las CC-1 y CC-2 (0.8954 y 0.8774 respectivamente) presentaron valores de expresión bajos de ARNm y es debido a que los animales emaciados y/o delgados, con distrofia del músculo y poca energía, provoca la movilización y pérdida de masa muscular para aumentar el metabolismo de los aminoácidos para la producción de energía vía la gluconeogénesis (Byrne et al., 2005). Estos cambios observados, también son atribuidos a los cambios en la actividad metabólica dentro de la célula en los diferentes compartimientos del tejido muscular, por lo que, el efecto de la restricción nutricional y la expresión de varios genes en el músculo es posible se deba a la disminuida capacidad de la DCN a expresarse bajo una restricción nutricional.



El efecto de la restricción nutricional tiene tres causas posibles, la primera son los cambios en la expresión de los genes por efecto de los cambios metabólicos en la actividad celular en los diferentes compartimientos musculares. La segunda, por efecto de la modulación del recambio de proteínas que pueden aumentar o disminuir reflejando la modulación del músculo que está perdiendo miofibrillas más que el tejido colágeno para mantener el estado del tejido y por último, el metabolismo homeostático afecta la modulación de los genes por la alteración en la excreción del nitrógeno de los aminoácidos y una disminución en el metabolismo glicógeno y la energía que aumentan la transcripción del metabolismo de desintoxicación (Byrne et al., 2005), lo cual concuerda con el comportamiento observado en las dos CC bajas de las muestras de músculo de las vacas Holstein y que mostraron los valores menores de CT como expresión de ARNm.

Para los valores de expresión de la DCN en las condiciones CC-3, CC-4 y CC-5, se observa un incremento en los valores del CT y RQ de forma lineal positiva y con aumentos significativos en los valores de las vueltas de expresión de la DCN con RQ de 1.87, 2.12 y 2.46 respectivamente. Estos cambios inducen el intercambio proteico y energético formando tejido adiposo aumentando así el volumen muscular. Una de las funciones principales del tejido adiposo es el almacenamiento temporal de triglicéridos como reserva de energía. En el balance positivo de energía (CC- 3, 4 y 5), los pre adipocitos se desarrollan en adipocitos y tiene como consecuencia la deposición de grasa muscular en la cual la célula se altera y el volumen se incrementa junto con la MEC hasta producir una hipertrofia (Halberg et al., 2008) y la renovación de la red fibrilar de colágeno, así mismo, la formación de la MEC es estimulada por la insulina a través del aumento en la transcripción de los genes por procesos enzimáticos como lo reportó Mariman y Wang (2010).

Dentro de los cambios en el tejido adiposo y la MEC se incluyen adipocitos maduros en expansión, la formación de nuevos adipocitos, la acumulación de células inflamatorias en el tejido adiposo y la neovascularización para proporcionar sangre al tejido adiposo en expansión (Hausman y Richardson, 2004; Cao, 2007; Calgani, 2014). Para acomodar estos cambios, es necesaria la remodelación de la MEC por la degradación de la matriz existente y la formación de nueva matriz y la DNC es requerida para el correcto llenado por colágeno para la formación de nueva MEC (Ruoslahti, 1988; Cinar et al., 2021).

Los resultados de expresión de ARNm mostraron un cambio de RQ en la CC-3, que es el estado ideal de producción en vacas Holstein, también representa el momento en que los animales comienzan a mejorar la organización de las MEC y el volumen muscular, y posiblemente aumentando las reservas de energía.

Expresión del Gen DNC con la Técnica de Inmunohistoquímica

Los resultados obtenidos en el análisis de inmunohistoquímica (IHQ) en los cortes de músculo de vacas, se muestran en la Figura 2. En la micrografía F se presenta el control negativo del tejido muscular como referencia de la prueba de IHQ de DNC, en las micrografías C, D y E las CC-3, CC4 y CC-5 respectivamente, en estas se observa una fluorescencia en las fibras más intensa y con mayor amplitud que las de CC-1 y CC-2, mostradas en las micrografías A y B. Esto se debió al efecto de la infiltración de grasa cuando existe un incremento en el balance energético. Ya que la deposición de grasa se acumula entre las capas de los grupos de fibras musculares y la red de TCIM, rompiendo parcialmente las estructuras de endomisio y el perimisio para dar espacio a los adipocitos, estos resultados concuerdan con los encontrados por Nishimura et al. (1999) en el LD de novillos de 20 y 36 meses de raza negra japonesa.

En la micrografía E se observa una reacción intensa en el tejido graso de la muestra, lo que corrobora que la DCN tiene una mayor actividad en el tejido graso, estos resultados son congruentes con los observados en el tejido adiposo de vacas, cerdos y ratones C57BL por Fukuhara et al. (2005), por el efecto de la mayor intensidad de fluorescencia en tejido adiposo visceral y subcutáneo reportado por Bolton et al. (2008) y en el tejido conectivo en cerdos por Nishiumi et al. (1997) y Calgani (2014), por lo que es evidente el papel de la DNC en la fisiología del tejido adiposo y TCIM, como se observó en las CC-3, CC-4 y CC-5 (Figura 2).

Debido a que el tejido adiposo es histológicamente clasificado como un tipo de tejido conjuntivo laxo y tal como el colágeno, contribuye considerablemente a la masa de tejido no celular. Este colágeno es producido en parte, por los adipocitos de las células de la fracción vascular/estromal (Zhang et al., 2007; Calgani, 2014), así como algunos tipos de células como las endoteliales, que expresan DNC en otros tejidos (Klein et al., 1995; Nelimarkka et al., 2001).

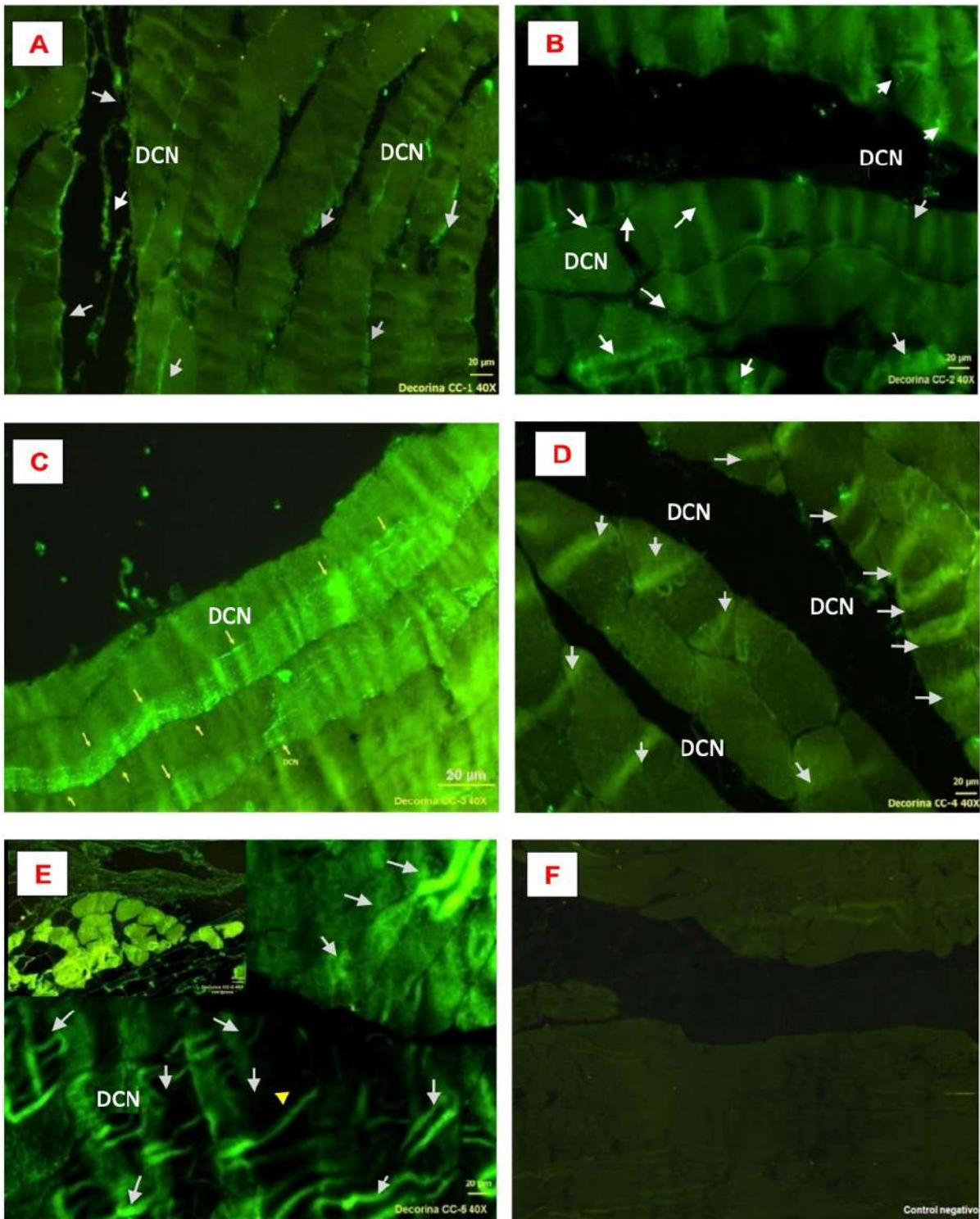


Figura 2. Morfología de fibras de músculo esquelético de vacas Holstein en diferentes condiciones corporales. (A=CC-1, B=CC-2, C=CC-3, D=CC-4, E=CC-5 y F=control negativo). Recuadro en E, muestra la expresión de decorina (DCN) en tejido adiposo.

Figure 2. Skeletal muscle fiber morphology of Holstein cows in different body conditions. (A=CC-1, B=CC-2, C=CC-3, D=CC-4, E=CC-5 and F=negative control). Inset in E shows decorin (DCN) expression in adipose tissue.

La DCN puede expresarse de diversas maneras en los tejidos, ya que tiene un rol pro angiogénico en tejido adiposo durante el balance energético positivo y en contraste, tiene efectos anti angiogénicos en ciertos casos y circunstancias como pudiera ser en las condiciones corporales más bajas (Nelimarkka et al., 1997; Grant et al., 2002; Sulochana et al., 2005; Blanco et al., 2011). Sin embargo, para adaptarse a estos cambios, la remodelación de la MEC se produce por la degradación de esta y la producción de nueva matriz, así mismo, la DNC actúa en la organización y se requiere para el correcto plegamiento de otros componentes de la MEC, como el colágeno (Ruoslahti, 1988; Saavedra et al., 2015).

En las micrografías de la Figura 2, en general se muestran las fluorescencias y se observa el número de reacciones a través y a lo largo de las fibras musculares del LD con una menor cantidad de DCN en CC-1 y CC-2 por el efecto del balance energético negativo (emaciadas y/o delgadas) y que corrobora los resultados obtenidos por la PCR en tiempo real en la expresión del gen. Por otra parte, observamos en las condiciones CC-3 y CC-4 (micrografías C y D) las diferencias en cuanto al grosor de la franja de fluorescencia en donde se expresó la DNC, que puede reflejar un crecimiento de tejido conectivo por la expansión del músculo y por efecto angiogénico para una mayor distribución del flujo sanguíneo en vías de almacenar la energía en los estados de CC-4 y CC-5 y la misma modificación de la MEC. Para el caso de la CC-5 (obesa) se observa una mayor y clara presencia de DNC y de tejido adiposo (micrografía E). En la CC-5 se observó tejido graso, pero en las hembras en una CC-3 Y CC-4 no se observaron depósitos de grasa. La expresión de DCN puede estar relacionada a los atributos de las razas lecheras que afectan en la deposición de la grasa inter e intramuscular, debido a que no presentan un marmoleo abundante como en los animales de razas especializadas en la producción de carne.

En este experimento, se observó que la expresión del ARNm a partir de un balance nutricional positivo desde la CC-3 a niveles positivos altos en condiciones 4 y 5, la DCN se expresa más en tejidos adiposos (CC-5). Esto sugiere que en animales con mayor CC (3 a 5), las características en la calidad de la carne serán mejores, debido a que se puede dar una mejor infiltración de grasa y también por el aumento de volumen muscular, se produce una reestructuración del TCIM de la MEC para expandirse, esto en términos de la calidad de la carne se refleja en mejores

características de carne, ya que al mejorar la alimentación antes del sacrificio las propiedades sensoriales mejoran como lo reportó Tatum (1981) y Suárez-Paternina et al (2015). Así mismo, como se reportó en las CC-5, el ganado con buena alimentación y que se mantiene en balance energético positivo experimentan rápidos rangos de síntesis de proteínas y por lo tanto, se puede esperar que se produzcan carne con más altas proporciones de nueva síntesis de colágeno termolábil afectando sus características organolépticas, lo cual concuerda con trabajos realizados por Aberle et al. (1981), Smith et al. (2007) y Yanng et al (2020). El ganado de desecho Holstein, que se encuentre en las CC 3, 4 y 5, tiene una mayor calidad de carne, así como una mayor cantidad de masa muscular, ya que la DCN interviene en la capacidad de retención del agua y en la expansión de la MEC (Velleman, 2002), por lo que ésta puede ser una oportunidad para darle continuidad al presente trabajo en la evaluación del rendimiento y caracterización de calidad de la carne de ganado de desecho en las condiciones adecuadas de producción y utilizar la expresión de la DCN como un posible indicador de esta calidad de la carne en razas productoras de carne de res y de otras especies *in vivo*, siempre que estas se encuentren en igualdad de condiciones corporales y explorar esta posibilidad. La DCN es un proteoglicano multifuncional que interactúa con el colágeno de la MEC que afectan las estructuras del TCIM perimisio y endomisio en el tejido músculo esquelético, tejido adiposo y vascular, que a su vez se ve afectada su expresión por los cambios metabólicos cuando cambian las condiciones corporales durante la vida productiva de los bovinos Holstein. Ya que estos son desechados por varias causas, también tienen diferentes estados fisiológicos de condición corporal y con la consecuencia en la variabilidad de la calidad de la carne de res y sus funciones metabólicas afectando la expresión de los genes reguladores de los tejidos, como la DCN, por lo tanto es necesario seguir explorando las posibilidades continuar midiendo la expresión de este gen y su relación con la cantidad de tejido colágeno y su calidad de la carne de animales y razas antes de sacrificarlos.



CONCLUSIONES

Los cambios en la expresión de la DNC aumentan cuando mejora la condición corporal de las vacas Holstein de manera lineal positiva. Estas características hacen variar la calidad organoléptica de la carne, por lo que la dureza, puede afectarse cuando menor grasa y condición corporal existe, al incrementarse los enlaces de colágeno y menor expansión de la masa muscular. La expresión de la DNC en las micrografías corrobora lo observado en la PCR-RT, una mayor intensidad de la inmunofluorescencia en cada cambio positivo en la CC de los bovinos. La DCN se ve afectada por el incremento de la CC de los animales, genera una mayor acumulación de la grasa intramuscular y por tanto, una mejora en la suavidad de la carne por una mayor termolabilidad del colágeno estructural en músculo de ganado con mejor CC. El modelo utilizado de bovinos productores de leche permite observar los cambios en CC como se haría en ganado especializado en carne.

Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada con fondos PRODEP y por el Ph. D. Francisco Alfredo Núñez González†, Profesor investigador de la Facultad de Zootecnia y Ecología de la UACH. Así mismo, a la División de Ciencias de la Vida de la Universidad de Guanajuato, por su invaluable apoyo.

LITERATURA CITADA

- Aberle, E. D., Reeves, E. S., Judge, M. D., Husley, R. E., & Perry, T. W. (1981). Palatability and muscle characteristics of cattle with controlled weight gain: Time on high energy diet. *Journal of Animal Science*, 52, 757.
- Albrecht, E., Liu, X., Yang, X, Zhao, R., Jonas, L., & Maak, S. (2011). Colocalization of myostatin and decorin in bovine skeletal muscle. *Archives Animal Breeding*, 54, 147-156. <https://doi.org/10.5194/aab-54-147-2011>
- Bailey, J. A., & Light, N. D. (1989). *Connective tissue in meat and meat products*. Elsevier Applied Science, London.
- Blanco, M., Picard, B., Jurie, C., Agabriel, J., Micol, D., y Garcia-Launay, F. (2011) Estudio del efecto del músculo, edad y tipo de raza en el colágeno en la carne de terneros mediante meta-análisis. AIDA (2011), *XIV Jornadas sobre Producción Animal, Tomo II*, 628-630, Saint-Gènes-Champanelle, Francia.

- Bolton, K., Segal, D., McMillan, J., Jowett, J., Heilbronn, L., Abberton, K., Zimmet, P., Chisholm, D., Collier, G., & Walder, K. (2008). Decorin is a secreted protein associated with obesity and type 2 diabetes. *International Journal of Obesity*, 32, 1113-1121.
- Brandan, E., Retamal, C., Cabello-Verrugio, C., & Marzolo, M. P. (2006) The low density lipoprotein receptor-related protein functions as an endocytic receptor for decorin. *The Journal Biological Chemistry*, 281, 31562-31571.
- Byrne, K. A., Wang, Y. H., Lehnert S. A., Harper, G. S., McWilliam, S. M., Bruce, H. L., & Reverter, A. (2005). Gene expression profiling of muscle tissue in Brahman steers during nutritional restriction. *Journal of Animal Science* 83, 1-12.
- Cao, Y. (2007). Angiogenesis modulates adipogenesis and obesity. *The Journal of Clinical Investigation*, 117(9), 2362-2368.
- Casar, J. C., McKechnie, B. A., Fallon, J. R., Young, M. F., & Brandan, E. (2004) Transient up-regulation of biglycan during skeletal muscle regeneration: delayed fiber growth along with decorin increase in biglycan-deficient mice. *Developmental Biology*, 268(2), 358-371.
- Cinar, Z, Emre, U., Gül, M., Yiğit, Ö., Mammadov, E., Yiğit, E., Gül, S., Cırık, H.R. (2021). Is Decorin a Promising New Agent for Facial Nerve Regeneration? An Experimental Study. *Audiol Neurotol*, 26, 195-205. <http://doi:10.1159/000512003>
- Danielson, K. G., Balibault, H., Holmes, D. F., Graham, H., Kandle, K. E., & Iozzo, R. V. (1997). Targeted disruption of decorin leads to abnormal collagen fibril morphology and skin fragility. *Journal of Cell Biology*, 136(3), 729-743.
- Eggen, K. H., Malmstrom, A., & Koet, S. O. (1994). Decorin in a large dermatan sulfate proteoglycan in bovine striated muscle. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Protein Structure and Molecular Enzymology*, 1204(2), 287-297.
- Fukuhara, A, Matsuda, M., Nishizawa, M., Segawa, K., Tanaka, M., Kishimoto, K., Matsuki, Y., Murakami, M., Ichisaka, T., Murakami, H., Watanabe, E., Takagi, T., Akiyoshi, M., Ohtsubo, T., Kihara, S., Yamashita, S., Makishima, M., Funahashi, T., Yamanaka, S., Hiramatsu, R., Matsuzawa, Y., & Shimomura, I. (2005). Visfatin: a protein secreted by visceral fat that mimics the effects of insulin. *Science*, 307, 426-430.
- Galgani, J.E. (2014). Expandability of adipose tissue in metabolic homeostasis. *Revista Chilena de Endocrinología y Diabetes*, 7 (1), 14-16.
- González, G.P. & Bellón, J.M. (2013). Alteraciones de la matriz extracelular del tejido conectivo en el proceso de herniogénesis inguinal. *Revista Hispanoamericana de hernia*, 1(1), 27-36.

- Grant, D. S., Yenisey, C., Rose, R. W., Tootell, M., Santra, M., & Iozzo, R. V. (2002). Decorin suppresses tumor cell-mediated angiogenesis. *Oncogene*, 21, 4765-4777.
- Halberg, N., Wernstedt-Asterholm, I., & Scherer, P. E. (2008). The adipocyte as an endocrine cell. *Endocrinology & Metabolism Clinics of North America*, 37(3), 753-768.
- Hao, D., Lu, L., Song, H., Duan, Y., Chen, J., Carney, R., Li, J.J., Zhou, P., Nolte, J., Lam, K.S., Leach, J.K., Farmer, D.L., Panitch, A., & Wang, A. (2022). Engineered extracellular vesicles with high collagen-binding affinity present superior in situ retention and therapeutic efficacy in tissue repair. *Theranostics*, 12(13), 6021-6037. doi:10.7150/thno.70448
- Hausman, G. J. & Richardson, R. L. (2004). Adipose tissue angiogenesis. *Journal of Animal Science*, 82(3), 925-934. <https://doi.org/10.1071/AN17004>.
- Kishioka, Y., Thomas, M., Wakamatsu, J., Hattori, A., Sharma, M., Kambandur, R., & Nishimura, T. (2008). Decorin enhances the proliferation and differentiation of myogenic cells through suppressing myostatin activity. *Journal of Cellular Physiology*, 215(3), 856-867.
- Kjaer, M. (2004). Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiological Reviews*, 84, 649-698.
- Klein, D. J., Cohen, R. M., & Rymaszewski, Z. (1995). Proteoglycan synthesis by bovine myocardial endothelial cells is increased by long-term exposure to high concentrations of glucose. *Journal of Cellular Physiology*, 165: 493-502.
- Krusius, T., & Ruoslahti, E. (1986). Primary structure of an extracellular matrix proteoglycan core protein deduced from cloned cDNA. *Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America*, 83(20), 7683-7687.
- Loscalzo, J., Fauci, A., Kasper, D., Hauser, S., Longo, D. & Jameson, J. (2022). Harrison. Principios de Medicina Interna, 21e. McGraw Hill.
- Mariman, E. C. M., & Wang, P. (2010). Adipocyte extracellular matrix compositional, dynamics and role in obesity. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 67, 1277-1292.
- McCormick, R. J. (1999). Extracellular modifications to muscle collagen: implications for meat quality. *Poultry Science*, 78, 785-791.
- Młynek, K., Straczek, I., & Głównska, B. (2022). The occurrence of a negative energy balance in holstein-friesian and simmental cows and its association with the time of resumption of reproductive activity. *Metabolites*, 12(5), 448. <https://doi.org/10.3390/metabo12050448>

- Nelimarkka, L., Kainulainen, V., Schonherr, E., Moisander, S., Jortikka, M., Lammi, M., Elenius, K., Jalkanen, M., & Jarvelainen, H. (1997). Expression of small extracellular chondroitin/dermatan sulfate proteoglycans is differentially regulated in human endothelial cells. *Journal of Biological Chemistry*, 272(19), 12730-12737.
- Nelimarkka, L., Salminen, H., Kuopio, T., Nikkari, S., Ekfors, T., Laine, J., Pelliniemi, L., & Jarvelainen, H. (2001). Decorin is produced by capillary endothelial cells in inflammation-associated angiogenesis. *The American Journal of Pathology*, 158, 345-353.
- Nishimura, T. (2010). The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Animal Science Journal*, 81, 21-27.
- Nishimura, T., Futami, E., Taneichi, A., Mori, T., & Hattori, A. (2002). Decorin Expression during development of bovine skeletal muscle and its role in morphogenesis of the intramuscular connective tissue. *Cell Tissues Organs*, 171, 199-214.
- Nishimura, T., Hattori, A., & Takahashi, K. (1999). Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese black cattle: effect of marbling on beef tenderization. *Journal of Animal Science*, 77, 93-104.
- Nishimura, T., Nozu, V., Kishioka, Y., Wakamatsu, J., & Hattori, A. (2008). Decorin expression in quiescent myogenic cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 370, 383-387.
- Nishiumi, T., Fukuda, T., & Nishimura, T. (1997). Isolation and characterization of a small proteoglycan associated with porcine intramuscular connective tissue. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2978-2983.
- Purslow, P. P., & Duance, V. C. (1990). The Structure and Function of Intramuscular Connective Tissue. In D. W. L. Hukins (Ed.), *Connective Tissue Matrix* (Vol. 2, pp. 127-166). MacMillan.
- Ross, J. W., Smith, T. K., Krehbiel, C. R., Malayer, J. R., DeSilva, U., Morgan, J. B., White, F. J., Hersom, M. J., Horn G. W., & Geisert, R. D. (2005). Effects of grazing program and subsequent finishing on gene expression in different adipose tissue depots in beef steers. *Journal of Animal Science*, 83, 1914-1923.
- Rouslahti, E. (1988). Structure and biology of proteoglycans. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 4, 229-255.
- SAS. (2000). JMP v.8. USA: Statistical Discovery from SAS Institute.
- Saavedra, J.S., Zúñiga, L.F., Vásquez-López, J.A., Navia, C.A., Mosquera, L.P., & Bernal, S.I. (2015). La matriz extracelular: un ecosistema influyente en la forma y comportamiento de las células. *Morfología*, 7(1), 12-35.

- Scott, J. E. (1988). Proteoglycan-fibrillar collagen interactions. *Biochemical Journal*, 252, 313-323.
- Scott, J. E. (1992). Supramolecular organization of extracellular matrix glycosaminoglycans, in vitro and in the tissues. *FASEB Journal*, 6, 2639-2645.
- Scott, J. E., & Thomlinson, A. M. (1998). The structure of interfibrillar proteoglycan bridge ('shape modules') in extracellular matrix of fibrous connective tissues and their stability in various chemical environments. *Journal of Anatomy*, 192, 391-405.
- Smith, G. C., Berry, B. W., Savell, J. W., & Cross, H. R. (2007). USDA maturity indices of beef rib steaks. *Journal of Food Quality*, 11, 1-13.
- Spanheimer, R., Zlavet, T., Umpierrez, G., & DiGirolamo, M. (1991). Collagen production in fasted and food-restriction rats: response to duration and severity of food deprivation. *The Journal of Nutrition*, 121, 518-524.
- Suárez-Paternina, E., Reza-García, S., Cuadrado-Capella, H., Pastrana-Vargas, I., Espinosa-Carvajal, M. & Mejía-Kerguelén, S. (2015). Variación en la concentración de sólidos solubles durante el día, en tres pasturas en época seca en el valle medio del río Sinú. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 16(2), 181-188.
- Sulochana, K. N., Fan, H., Jois, S., Subramanian, V., Sun, F., Kini, R. M., Ge, R. (2005). Peptides derived from human decorin leucine-rich repeat 5 inhibit angiogenesis. *Journal of Biological Chemistry*, 280, 27935-27948.
- Tatum, J. D. (1981). Is tenderness nutritionally controlled? *Reciprocal Meat Conference Proceeding*, 34, 65-67.
- Velleman, S. G. (1999). The role of the extracellular matrix in skeletal muscle development. *Poultry Science*, 78, 778-784.
- Velleman, S. G. (2000). The role of the extracellular matrix in skeletal development. *Poultry Science*, 79, 985-989.
- Velleman, S. G. (2002). Role of the extracellular matrix in muscle growth and development. *Journal of Animal Science*, 80 (suppl 2), E8-E13.
- Velleman, S.G., Coy, C.S., & Bacon, W.L. (2003). Temporal and spatial localization of proteoglycan decorin transcripts during the progression of cholesterol-induced atherosclerosis in Japanese quail. *Connect Tissue Research*, 44(2), 69-80.
- Vogel, K. G., & Trotter, J. A. (1987). The effect of proteoglycans on the morphology of collagen fibrils formed in vitro. *Collagen and Related Research*, 7, 105-114.

- Weber, I. T., Harrison, R. W., & Iozzo, R. V. (1996). Model structure of decorin and implication for collagen fibrillogenesis. *Journal of Biological Chemistry*, 271, 31767-31770.
- Wildman, E. E., Jones, G. M., Wagner, P. E., Boman, R. L, Troutt, H. F., & Lesch, T. N. (1982). A dairy cow body condition scoring system and its relationship to selected production characteristics. *Journal of Dairy Science*, 65, 495-501.
- Yang, S., Suhandoko, A.A., & Chen, D. (2020). Impact of Nutritional Information on Consumers' Willingness to Pay for Meat Products in Traditional Wet Markets of Taiwan. *Foods*, 9(8),1086. <https://doi.org/10.3390/foods9081086>
- Yoshida, N., Yoshida S., Koishi K., Masuda K., & Nabeshima Y. (1998). Cell heterogeneity upon myogenic differentiation: down-regulation of MyoD and Myf-5 generates 'reserve cells'. *Journal of Cell Science*, 111, 769-779.
- Zhang, J., Wright, W., Bernlohr, D. A., Cushman, S. W., & Chen, X. (2007). Alterations of the classic pathway of complement in adipose tissue of obesity and insulin resistance. *American Journal of Physiology. Endocrinology and Metabolism*, 292, E1433-E1440.
- Zhu, J., Li, Y., Shen, W., Qiao, C., Ambrosio, F., Lavasani, M., Nozaki, M., Branca, M. F., & Huard, J. (2007). Relationships between growth factor beta1, myostatin, and decorin: implications for skeletal muscle fibrosis. *Journal of Biological Chemistry*, 282, 25852-25863.
- Wang, C., Brisson, B.K., Terajima, M., Li, Q., Hoxha, K., Han, B., Goldberg, A.M., Sherry, L.X., Marcolongo, M.S., Enomoto-Iwamoto, M., Yamauchi, M., Volk, S.W., & Han, L. (2019). Type III collagen is a key regulator of the collagen fibrillar structure and biomechanics of articular cartilage and meniscus. *Matrix Biology*, 85-86, 47-67.
- Zin, T.T., Seint, P.T., Tin, P., Horii, Y., Kobayashi, I. (2020). Body Condition Score Estimation Based on Regression Analysis Using a 3D Camera. *Sensors (Basel)*, 20(13), 3705.



RESPUESTA DE UN RECONSTITUYENTE METABÓLICO EN OVEJAS SINCRONIZADAS CON CIDR UTILIZADOS POR SEGUNDA VEZ^a

RESPONSE OF A METABOLIC RECONSTITUENT IN SHEEP SYNCHRONIZED WITH CIDR USED FOR THE SECOND TIME

Hernández-Marín, J.A.^{1*}; Guerrero-Escobedo, P.S.¹; Gutiérrez-Chávez, A.J.¹;
Fraire-Cordero, S.²

¹*Departamento de Veterinaria y Zootecnia, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, Exhacienda El Copal, km 9 carretera Irapuato-Silao, Irapuato, Guanajuato. México. 36824.*

²*Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Haultunchén-Edzná, km. 17.5, Champotón, Campeche, México. CP. 24050.*

* E-mail: jahmarin@ugto.mx

Fecha de envío: 12, septiembre, 2022

Fecha de publicación: 16, diciembre, 2022

Resumen:

Con el objetivo de evaluar la acción de un reconstituyente metabólico (AMINO) y su respuesta en la sincronización del estro con dispositivos intravaginales liberadores de progesterona (CIDR) utilizados por segunda vez, se realizó un experimento en Celaya, Guanajuato. Veinticinco ovejas fueron asignadas al azar a uno de cinco tratamientos (T). El AMINO fue aplicado diariamente durante los últimos tres días antes de retirar el CIDR: T1, n=5 (SC50): inyección vía subcutánea (SC) de 50 mL de AMINO; T2, n=5 (IM50): inyección vía intramuscular (IM) de 50 mL de AMINO; T3, n=5 (SC100): inyección SC de 100 mL de AMINO; T4, n=5 (IM100): inyección IM de 100 mL de AMINO; y T5, n=5 (TESTIGO): inyección vía endovenosa de 10 mL de solución Hartmann®, la cual se aplicó con la finalidad de homogenizar las condiciones experimentales. Los CIDR utilizados con anterioridad se lavaron con suero fisiológico después de retirarlos de la vagina de las ovejas, luego se colocaron en papel aluminio, se guardaron en bolsas de plástico vacías y se almacenaron a temperatura ambiente. Posteriormente, para sincronizar el estro a todas las ovejas se les insertó uno de estos CIDR que permaneció durante 9 d, y 48 h antes de retirarlos, se les aplicó IM 5 mg de prostaglandinas para inducir la lisis de algún cuerpo lúteo. Se evaluó la respuesta a la sincronización del estro y la probabilidad de ocurrencia del estro; los datos se analizaron con el software Statistical Analysis Systems®. No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) en la respuesta a la sincronización ni en la probabilidad de ocurrencia del estro en ovejas. En los protocolos de sincronización del estro que incluyen progestágenos intravaginales utilizados por segunda vez, la acción del reconstituyente metabólico no influye en la respuesta ni en la probabilidad de ocurrencia del estro en ovejas.

Palabras clave: Aminoácidos neuroexcitadores, estro, ovinos de pelo, progestágenos, prostaglandinas.

^a El presente estudio fue un proyecto de verano de investigación.

Abstract:

In order to evaluate the action of a metabolic restorative (AMINO) and its response in the synchronization of estrus with progesterone-releasing intravaginal devices (CIDR) used for the second time, an experiment was carried out on a ranch in Celaya, Guanajuato. Twenty-five ewes were randomly assigned to one of five treatments (T). The AMINO was applied daily during the last three days before removing the CIDR: T1, n=5 (SC50): subcutaneous injection (SC) of 50 mL of AMINO; T2, n=5 (IM50): intramuscular injection (IM) of 50 mL of AMINO; T3, n=5 (SC100): AMINO 100 mL SC injection; T4, n=5 (IM100): IM injection of 100 mL of AMINO; and T5, n=5 (CONTROL): intravenous injection of 10 mL of Hartmann® solution, which was applied in order to homogenize the experimental conditions. The previously used CIDRs were washed with saline after removal from the ewe's vagina, then placed in aluminum foil, packed in empty plastic bags and stored at room temperature. Subsequently, to synchronize estrus, one of these CIDRs was inserted into all the ewes, which remained for 9 d, and 48 h before removing them, 5 mg of prostaglandins were applied IM to induce lysis of some corpus luteum. The response to estrus synchronization and the probability of occurrence of estrus were evaluated; the data was analyzed with Statistical Analysis Systems® software. No differences ($p > 0.05$) were found in the response to synchronization or in the probability of estrus occurrence in ewes. In estrus synchronization protocols that include intravaginal progestogens used for the second time, the action of the metabolic restorative does not influence the response or the probability of occurrence of estrus in ewes.

Keywords: Neuroexcitatory amino acids, estrus, hair ewes, progestogens, prostaglandins.

INTRODUCCIÓN

Estudios en pequeños rumiantes consideraron prácticas de manejo para mejorar la eficiencia productiva de los rebaños de manera técnica y económica, en los cuales se pretende eliminar la manipulación farmacológica de los animales (Martin et al., 2004). Estas metodologías se basan en el conocimiento de los eventos reproductivos y los efectos de la nutrición, como la alimentación focalizada, a partir de complementos energéticos y proteínicos destinados en los momentos críticos de la reproducción (Scaramuzzi et al., 2013). En ovejas, la actividad ovárica responde a la adecuada secreción de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona foliculoestimulante (FSH) en la adenohipófisis, por la secreción de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) en el hipotálamo (Abecia et al., 2012).

Esta comunicación endócrina también ocurre por la acción de compuestos que actúan como neurotransmisores, a partir del suministro de aminoácidos neuroestimuladores (AANE) que favorecen la secreción pulsátil de la GnRH y la LH (Mahesh & Brann, 2005).

La GnRH es el primer mensajero que participa en el reinicio de la actividad cíclica en la reproducción en ovejas y cabras, y se controla por diferentes neuromoduladores (Meza-Herrera et al., 2010). Esta comunicación endocrina hipotálamica-adenohipofisiaria puede favorecerse por la acción de ciertos compuestos que actúan como neurotransmisores, cuya actividad se puede incrementar mediante la suplementación de AANE (Meza-Herrera et al., 2014), como arginina, glutamato y aspartato (Alvarez-Cardona et al., 2019).

Los AANE se pueden ofrecer vía oral en la dieta como suplementos mezclados de manera individual o suministrados por alguna vía parenteral. De manera comercial, existe en el mercado un reconstituyente metabólico que por cada 100 mL contiene L-arginina, 240 mg; ácido aspártico, 150 mg; y ácido glutámico, 150 mg. Se ha reportado que, esta mezcla de ANNE contenidos en una solución energética ejercen una respuesta en la actividad ovárica en ovejas prepúberes (Hernández-Marín et al., 2016). Al respecto, no se ha determinado la respuesta de un tratamiento parenteral de un reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro en ovejas. Por lo tanto, se plantea la hipótesis de que la administración de un reconstituyente metabólico inyectable que también contiene aminoácidos neuroestimuladores (Aminotonic®), combinado con un protocolo hormonal por 9 días con dispositivos intravaginales liberadores de drogas (CIDR; P₄: 0.03 g) utilizados por segunda vez, y con 5 mg de dinoprost trometamina (Lutalyse®) 48 h antes del retiro, podría mejorar la respuesta a la sincronización del estro en ovejas. Se ha reportado que los CIDR de primero y segundo uso tuvieron concentraciones séricas de P₄ >2 ng/mL (Vilariño et al., 2011). No obstante, con CIDR de tercer uso las concentraciones séricas son <2 ng/mL en hembras (Vilariño et al., 2013), lo que podría promover el crecimiento y la persistencia del folículo ovárico de mayor diámetro. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la acción de un reconstituyente metabólico durante la sincronización del estro en ovejas con CIDR utilizados por segunda vez.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Rancho “La Cano”, localizado en Celaya, Guanajuato (20°31'44.1" N y 100°46'57.4" W, a una altitud de 1767 m) durante junio de 2022. Se utilizaron 25 ovejas de pelo de 2.44 ± 1.47 años y 44.16 ± 8.8 kg de peso; y tres carneros de pelo con fertilidad probada de 2.89 ± 0.96 años y 103.2 ± 1.9 kg de peso. Cada oveja recibió 3.0 kg d^{-1} de una dieta elaborada con heno de alfalfa (60%) mezclado con un concentrado comercial (40%) con 15% proteína cruda y $2.6 \text{ Mcal EM kg}^{-1}$, sales minerales y agua a libre acceso. Las ovejas y los carneros se alojaron en corrales con una superficie de 40 m^2 , provistos de sombra, comedero, bebedero y piso de tierra.

El manejo experimental de los animales se realizó de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana: NOM-024-ZOO-1995 (SAGARPA, 1995). El reconstituyente metabólico (AMINO; Amonitonic®; BioZoo, México) contenía en cada 500 mL: dextrosa (28 g), cloruro de calcio (80 mg), cloruro de potasio (100 mg), cloruro de magnesio (100 mg), acetato de sodio (1250 mg), hidrocloreuro de L-histidina (5 mg), L-metionina (5 mg), DL-triptófano (5 mg), hidrocloreuro de L-cisteína (5 mg), L-treonina (10 mg), DL-isoleucina (10 mg), hidrocloreuro de L-arginina (12.5 mg), DL-fenilalanina (15 mg), DL-valina (150 mg), hidrocloreuro de L-lisina (185 mg), L-leucina (20 mg), DL-alanina (80 mg), ácido aspártico (140 mg), cistina (10 mg), glicina (40 mg), prolina (100 mg), serina (150 mg), tirosina (80 mg), glutamato monosódico (20 mg), vitamina B1 (tiamina, 60 mg), vitamina B2 (riboflavina, 30 mg), vitamina B3 (nicotinamida, 750 mg), vitamina B6 (piridoxina, 60 mg), vitamina B12 (cianocobalamina, 5 mg). Las ovejas se asignaron a uno de cinco tratamientos (T) que consistieron en aplicar el reconstituyente metabólico (AMINO) diariamente durante los últimos 3 días antes del retiro del dispositivo intravaginal (CIDR) utilizado por segunda vez: T1, n=5 (SC50): inyección vía subcutánea de 50 mL de AMINO; T2, n=5 (IM50): inyección vía subcutánea de 50 mL de AMINO; T3, n=5 (SC100): inyección vía subcutánea de 100 mL de AMINO; T4, n=5 (IM100): inyección vía intramuscular de 100 mL de AMINO y, T5, n=5 (TESTIGO): inyección vía endovenosa de 10 mL de solución Hartmann®, la cual se aplicó con la finalidad de homogenizar las condiciones experimentales con el producto adicional al protocolo de sincronización del estro. Para ello, se utilizaron agujas de calibre 18 y jeringas de 50 mL.

En el presente estudio, se reutilizaron CIDR utilizados una vez con anterioridad con base en la metodología descrita por Bazzan et al. (2011); los cuales se lavaron con suero fisiológico después de retirarlos de la región vaginal de las ovejas. Posteriormente, fueron colocados en papel aluminio y almacenados en bolsas vacías a temperatura ambiente. La sincronización del estro en las ovejas consistió en la inserción de estos CIDR (por segunda vez) impregnados con progesterona (CIDR, P₄: 0.3 g; Zoetis, México) durante 9 días. Durante este periodo, cada oveja fue revisada dos veces al día (10:00 y 16:00 h) para verificar que el CIDR permaneciera insertado, y 48 h antes del retiro, se aplicaron vía intramuscular 5 mg de prostaglandinas (PGF₂ α ; dinoprost trometamina, Lutalyse®; Zoetis, México) para inducir algún CL ovárico a la lisis (Abecia et al., 2012). A todas las ovejas se les detectó el estro por 60 min en la mañana (10:00 a 11:00 am) y 60 min en la tarde (4:00 a 5:00 pm) durante 120 h. Se inició introduciendo a los carneros al interior del corral, a los cuales se les colocó un mandil para detectar las hembras en estro. Se determinó que una oveja presentaba estro, cuando aceptó la monta por el macho, mostrando inmovilidad total. Luego, se les brindó monta natural controlada, inmediatamente después de ser detectadas. Se calculó la respuesta a la sincronización del estro, variable definida como la cantidad de ovejas que presentaron estro de la cantidad total de ovejas que respondieron al protocolo en cada tratamiento. Se utilizó el software Statistical Analysis Systems® (SAS Institute, 2012). La respuesta al estro se expresó en porcentaje y la probabilidad de ocurrencia del estro se analizó con el método de curvas de supervivencia de Kaplan Meier con el procedimiento Life Test y la prueba de Log-Rank. La respuesta al estro se analizó con la prueba de Kruskal-Wallis mediante el PROC NPAR1WAY, con un nivel de confianza al 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se observaron diferencias entre tratamientos para la respuesta a la sincronización del estro en ovejas ($p > 0.05$; Tabla 1). La probabilidad de ocurrencia del estro fue similar entre tratamientos ($p > 0.05$; Figura 1).

Cuadro 1. Respuesta del reconstituyente metabólico suministrado 50 o 100 mL vía intramuscular (IM) o subcutánea (SC) en los últimos tres días de la sincronización del estro en ovejas con CIDR utilizados por segunda vez.

Table 1. Response of the metabolic restorative given 50 or 100 mL intramuscularly (IM) or subcutaneously (SC) in the last three days of estrus synchronization in ewes with CIDR used for the second time.

Tratamientos	n	Ovejas con estro	Ovejas sin estro
		n (%)	n (%)
T1: SC50	5	2 (40)	3 (60)
T2: IM50	5	1 (20)	4 (80)
T3: SC100	5	4 (80)	1 (20)
T4: IM100	5	2 (40)	3 (60)
T5: TESTIGO	5	3 (60)	2 (40)
Total	25	12 (48%)	13 (52%)
<i>p-value</i>		0.4060	

La eficacia de los dispositivos intravaginales reutilizados puede variar por el tiempo de uso del progestágeno (Pinna et al., 2012) o por la raza de ovejas (Husein & Ababneh, 2008). Castillo-Maldonado et al. (2013), obtuvieron 100% de respuesta al estro en ovejas Pelibuey sincronizadas con CIDR nuevos por 10 d. Pinna et al. (2012) reportaron 92.9, 92.9 y 100.00% de estros en ovejas Santa Inés sincronizadas con CIDR nuevo, utilizado y reutilizado, respectivamente. En ovejas de lana, Ungerfeld (2009) obtuvo un bajo porcentaje de respuesta al estro en ovejas Corriedale, al sincronizar con CIDR reutilizados por 12 d (39.4%) y 18 d (30.2%), mientras que Ungerfeld et al. (2013) obtuvieron mayor respuesta al estro con CIDR nuevo (56.7%) comparado con la respuesta al estro con CIDR reutilizado (26.7%) y con CIDR reutilizado y esterilizado por autoclave (15.6%). El porcentaje de respuesta a la sincronización del estro difieren por la cantidad de ovejas utilizadas en cada protocolo que emplee dispositivos intravaginales utilizados por segunda vez (Güngör et al., 2009).

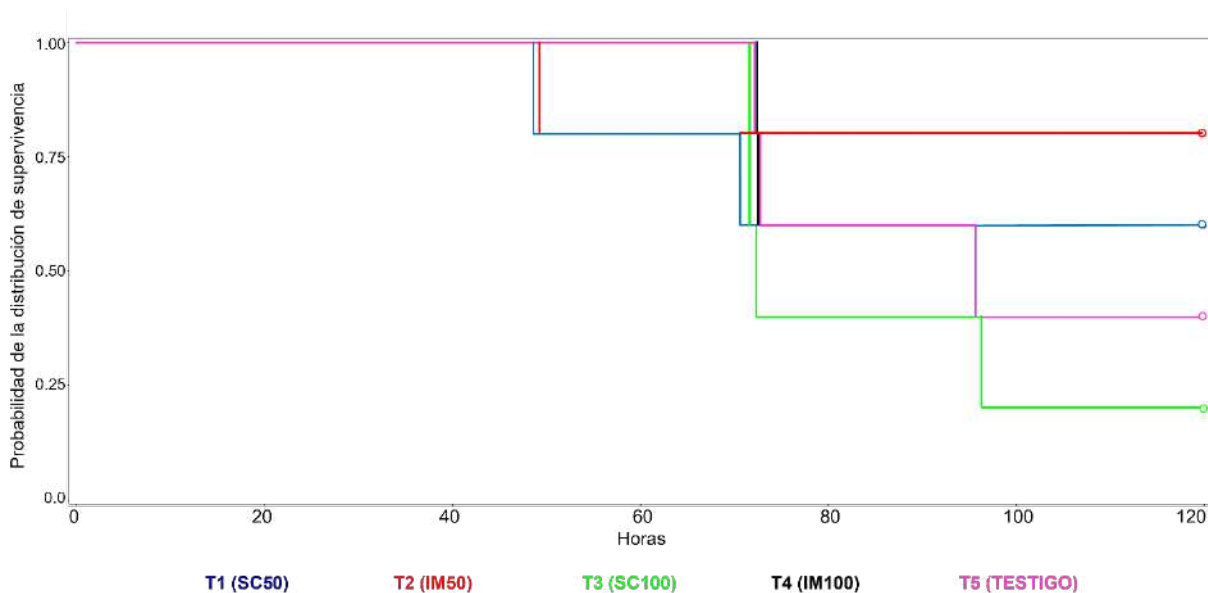


Figura 1. Probabilidad de ocurrencia del estro en ovejas tratadas con un reconstituyente metabólico suministrado 50 o 100 mL vía intramuscular (IM) o subcutánea (SC) en los tres días de la sincronización del estro con CIDR utilizado por segunda vez.

Figure 1. Probability of occurrence of estrus in ewes treated with a metabolic restorative supplied 50 or 100 mL intramuscularly (IM) or subcutaneously (SC) within three days of estrus synchronization with CIDR used for the second time

Es posible relacionar las concentraciones de P_4 durante los tratamientos con los CIDR con el crecimiento folicular ovárico y la fertilidad en las ovejas (Vilariño et al., 2013). Por otro lado, las cantidades de P_4 exógena inducen cambios en la respuesta a la retroacción positiva del estradiol (E_2) en la secreción de la GnRH, por el aumento en el pico de la GnRH (Caraty & Skinner, 1999).

La dosis o la vía de administración del reconstituyente metabólico (AMINO) durante la sincronización del estro en el presente estudio, quizás no haya sido suficiente para generar una respuesta en la sincronización del estro con los CIDR utilizados por segunda vez. En este sentido, algunos ingredientes específicos que componen la dieta y los productos del metabolismo pueden perjudicar la acción hipotalámica-adenohipofisiaria-ovárica al incurrir en la secreción de la FSH y la LH y en la respuesta de la actividad ovárica (Schneider et al., 2012).

Se ha reportado que la nutrición afecta la función reproductiva en rumiantes domésticos, lo cual influye en el inicio de la actividad ovárica en ovejas (Walkden-Brown et al., 1994). En esta etapa, la energía metabólica es el factor más importante que controla el éxito reproductivo y las hormonas gonadales afectan la ingesta, el almacenamiento y el gasto de energía (Schneider et al., 2012). La relación entre los sistemas reguladores metabólico y reproductivo debe ajustarse según los requerimientos energéticos, para que la probabilidad de éxito sea razonable. Así, los procesos reguladores que vinculan la nutrición y la reproducción pueden ser los mismos que controlan la homeostasis energética (Martin et al., 2010).

Por lo tanto, la baja respuesta al estro de las ovejas en el presente estudio, sea resultado del protocolo hormonal utilizado, ya que la administración de progestágenos a mediano plazo (9 días) se puede utilizar con tratamientos complementarios como las gonadotropinas que promueven el crecimiento folicular ovárico y la ovulación, o con prostaglandinas que lisan un cuerpo lúteo activo (O'Brien & Wildeus, 2019), debido a que la duración del progestágeno es más corta que la fase lútea; así, el estro y la ovulación pueden retrasarse o incluso inhibirse por la presencia de un cuerpo lúteo funcional al retiro del progestágeno y la prostaglandina se requiere para inducir la luteólisis (Swelum et al., 2015).

Por lo anterior, la tendencia de la presente investigación es desarrollar mayor conocimiento de la acción de los metabolitos energéticos y proteínicos, así como de los aminoácidos neuroexcitadores, para generar opciones de manejo de manera técnica y económica, capaces de incrementar la eficiencia reproductiva de un rebaño, con la ventaja de controlar los eventos reproductivos a partir de métodos naturales no hormonales, basados en la fisiología reproductiva y de la nutrición. Finalmente, se sugiere realizar más investigación que describa la acción de los componentes del reconstituyente metabólico, las diferentes vías de administración y las dosis adecuadas para evaluar su respuesta a nivel ovárico y analizar las variables de respuesta en la sincronización del estro en ovejas con CIDR utilizados por segunda vez.



CONCLUSIÓN

La aplicación vía intramuscular o subcutánea de 50 o 100 mL de un reconstituyente metabólico durante los últimos tres días antes del retiro del progestágeno, no influye en la respuesta a la sincronización del estro ni en la probabilidad de ocurrencia del estro en ovejas sincronizadas durante 9 días con CIDR utilizados por segunda vez.

Agradecimientos

A la Universidad de Guanajuato, por el financiamiento del proyecto “Sincronización del estro en ovejas de pelo tratadas con un reconstituyente energético o glutamato de sodio” (256/2022), registrado en la Convocatoria Institucional de Investigación Científica (CIIC) 2022. A los propietarios del Rancho “La Cano” por las facilidades brindadas para realizar el experimento en ovejas.

LITERATURA CITADA

- Abecia, J.A., Forcada, F., & González-Bulnes, A. (2012). Hormonal control of reproduction in small ruminants. *Animal Reproduction Science*, 130, 173-179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.01.011>
- Alvarez-Cardona, F., Maki-Díaz, G., Franco-Robles, E., Cadena-Villegas, S., & Hernández-Marín, A. (2019). L-Arginina, Aspartato y Glutamato, y su relación con la reproducción de ovejas. Revisión. *Abanico Veterinario*, 9(1), 1-13.
- Bazzan, A.E., Menestrina, A.L., Tedesco, D., Manta Bragança, J.F., & Rocha, R.X. (2011). A reutilização de um dispositivo intravaginal com progesterona (CIDR-G) na indução/sincronização de estro ovino. *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 108 (587-588): 143-146.
- Caraty, A., Skinner, D.C. (1999). Progesterone priming is essential for the full expression of the positive feedback effect of estradiol in inducing the preovulatory gonadotropin-releasing hormone surge in the ewe. *Endocrinology*, 140, 165-170. doi: <https://doi.org/10.1210/endo.140.1.6444>.
- Castillo-Maldonado, P.P., Vaquera-Huerta, H., Tarango-Arambula, L., Pérez-Hernández, P., Herrera-Corredor, A., & Gallegos-Sánchez, J. (2013). Restablecimiento de la actividad reproductiva posparto en ovejas de pelo. *Archivos de Zootecnia*, 62(239), 419-428.

- Güngör, Ö., Özyurtlu, N., Pancarci, Ş.M., Kaya, M., Zonturlu, A.K., Oral, H., Çetin, Y., & Polat, B. (2009). Estrous synchronization with used CIDR-G devices in ewes during non-breeding season. *Journal of the Faculty of Veterinary Medicine*, 15(5), 779-783.
- Hernández-Marín, J.A., Pro-Martínez, A., Cortez-Romero, C., Pérez-Hernández, P., Herrera-Corredor, C.A., & Gallegos-Sánchez, J. (2016). Ovulation induction with male effect and a commercial energy tonic in prepubertal Pelibuey ewes. *Agrociencia*, 50(7), 811-823. doi: <https://agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/1251/1251>
- Husein, M.Q., & Ababneh, M.M. (2008). A new strategy for superior reproductive performance of ewes bred out-of-season utilizing progestagen supplement prior to withdrawal of intravaginal pessaries. *Theriogenology*, 69, 376-383. doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.10.005>
- Mahesh, V.B., & Braan, D.W. (2005). Regulatory role of excitatory amino acids in reproduction. *Endocrine*, 28, 271-280. doi: <https://doi.org/10.1385/ENDO:28:3:271>
- Martin, G.B., Milton, J.T.B., Davidson, R.H., Banchemo, G.E., Lindsay, D.R., & Blache, D. (2004). Natural methods of increasing reproductive efficiency in sheep and goats. *Animal Reproduction Science*, 82-83, 231-46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.05.014>
- Martin, G.B., Blache, D., Miller, D.W., Vercoe, P.E. (2010). Interactions between nutrition and reproduction in the management of the mature male ruminant. *Animal*, 4(7), 1214-1226. doi: <https://doi.org/10.1017/S1751731109991674>
- Meza-Herrera, C.A., González-Velázquez, A., Veliz-Deras, F.G., Rodríguez-Martínez, R., Arellano-Rodríguez, G., Serradilla, J.M., García-Martínez, A., Avendaño-Reyes, L., & Macías-Cruz, U. (2014). Short-term glutamate administration positively affects the number of antral follicles and the ovulation rate in cyclic adult goats. *Reproductive Biology*, 14(4), 298-301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.repbio.2014.05.001>
- Meza-Herrera, C.A., Veliz Deras, F.G., Wurzinger, M., López Ariza, B., Arellano Rodríguez, G., & Rodríguez Martínez, R. (2010). The kiss-1-kisspeptin-gpr-54 complex: a critical modulator of GnRH neurons during pubertal activation. *Journal of Applied Biomedicine*, 8(1), 1-9. doi: 10.2478/v10136-009-0001-0

- O'brien, D., & Wildeus, S. (2019). Optimizing reproductive performance in the goat herd. *Professional Agricultural Workers Journal*, 6(2), 78-87.
- Pinna, A.E., Bandao, F.Z., Cavalcanti, A.S., Borges, A.M., Souza, J.M.G., & Fonseca, J.F. (2012). Reproductive parameters of Santa Ines ewes submitted to short-term treatment with re-used progesterone devices. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64(2), 333-340. doi: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000200012>
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación). (1995). Especificaciones y características zoosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. Norma Oficial Mexicana 024-ZOO-1995, México: Diario Oficial de la Federación, Pp. 41-46. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/202301/NOM-024-ZOO-1995_161095.pdf
- SAS Institute. (2012). Statistical Analysis Software SAS/STAT®. version 9.4, Cary, N.C., USA: SAS Institute Inc., ISBN: 978-1-60764-599-3. Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=239E4F5E2E39CF2164C9BAD96900EA01?doi=10.1.1.353.6870&rep=rep1&type=pdf>
- Scaramuzzi, R.J., Oujagir, L., Menassol, J.B., Freret, S., Piezel, A., Brown, H.M., Cognié, J., & Fabre-Nys, C. (2013). The pattern of LH secretion and the ovarian response to the 'ram effect' in the anoestrous ewe is influenced by body condition but not by short-term nutritional supplementation. *Reproduction Fertility and Development*, 26(8), 1154-1165. doi: <https://doi.org/10.1071/RD13139>
- Schneider, J.E., Klingerman, C.M., & Abdulhay, A. (2012). Sense and nonsense in metabolic control of reproduction. *Frontiers in Endocrinology*, 26, 3. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fendo.2012.00026>
- Swelum, A.A.A., Alowaimer, A.N., & Abouheif, M.A. (2015). Use of fluorogestone acetate sponges or controlled internal drug release for estrus synchronization in ewes: effects of hormonal profiles and reproductive performance. *Theriogenology*, 84, 498-503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2015.03.018>

- Ungerfeld, R. (2009). The induction of oestrus in ewes during the non-breeding season using pre-used CIDRs and oestradiol 17 β treatment. *Small Ruminant Research*, 84, 129-131. doi: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.06.011>.
- Ungerfeld, R., Gamboa, D., & Álvarez, L. (2013). Response of ewes primed with new CIDRs, previously used CIDRs, or previously used and autoclaved CIDRs to the ram effect during the non-breeding season. *Animal Reproduction*, 10(4), 704-707.
[http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v10n4/p704-707%20\(AR586\).pdf](http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v10n4/p704-707%20(AR586).pdf)
- Vilariño, M., Rubianes, E., & Menchaca, A. (2011). Re-use of intravaginal progesterone devices associated with the short-term protocol for timed artificial insemination in goats. *Theriogenology*, 75: 7: 1195-1200. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.11.030>
- Vilariño, M., Rubianes, E., & Menchaca, A. (2013). Ovarian responses and pregnancy rate with previously used intravaginal progesterone releasing devices for fixed-time artificial insemination in sheep. *Theriogenology*, 79, 206-210. doi: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.10.007>
- Walkden-Brown, S.W., Restall, B.J., Norton, B.W., Scaramuzzi, R.J., Martin, & G.B. (1994). Effect of nutrition on seasonal patterns of LH, FSH and testosterone concentration, testicular mass, sebaceous gland volume and odour in Australian cashmere goats. *Journal Reproduction and Fertility*, 102, 351–360. doi: 10.1530/jrf.0.1020351

