



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

rcca@ica.co.cu

Instituto de Ciencia Animal
Cuba

Verdecia, D.M.; Herrera, R.S.; Ramírez, J.L.; Leonard, I.; Bodas, R.; Prieto, N.; Andrés, S.; Giráldez, F.J.; González, J.S.; Arceo, Y.; Paumier, M.; Alvarez, Y.; López, S.

Efecto de la edad de rebrote en el contenido de metabolitos secundarios de la *Neonotonia wightii* en el
Valle del Cauto, Cuba

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 48, núm. 2, -, 2014, pp. 149-154

Instituto de Ciencia Animal
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193031101011>

- ▶ Cómo citar el artículo
- ▶ Número completo
- ▶ Más información del artículo
- ▶ Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Efecto de la edad de rebrote en el contenido de metabolitos secundarios de la *Neonotonia wightii* en el Valle del Cauto, Cuba

D.M. Verdecia¹, R.S. Herrera², J.L. Ramírez¹, I. Leonard¹, R. Bodas³, N. Prieto³, S. Andrés³, F.J.

Giráldez³, J.S. González⁴, Y. Arceo¹, M. Paumier¹, Y. Alvarez¹ y S. López⁴

¹Universidad de Granma, Apartado Postal 21, Bayamo, C.P. 85 100, Granma, Cuba

²Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

³Instituto de Ganadería de Montaña (CSIC-ULE), Finca Marzanas, Apartado Postal 2436, Grulleros León, España

⁴Departamento de Producción Animal, Universidad de León, Campus de Vegazana 2407, Universidad de León, España.

Correo electrónico: dverdecia@udg.co.cu

Mediante un diseño de bloques al azar, con seis réplicas, se evaluó el efecto de la edad de rebrote (30, 45, 60, 75 y 90 d) en el contenido de metabolitos secundarios de *Neonotonia wightii*. El experimento se enmarcó en los trimestres enero-febrero-marzo (período poco lluvioso) y mayo-junio-julio (período lluvioso), en un suelo pardo con carbonato, sin riego ni fertilización. Los taninos totales, fenoles totales, taninos condensados totales, taninos condensados ligados totales, taninos condensados libres, flavonoides, saponinas, alcaloides, triterpenos y esteroideos aumentaron ($P < 0.05$) con la edad y los mayores valores se obtuvieron a los 90 d (5.24; 10.07; 77.67; 76.72; 0.95; 3.29; 0.53; 0.30; 8.58 y 0.63 g/kg MS en mayo-junio-julio y 3.12; 8.24; 96.64; 94.68; 1.96; 3.99; 0.52; 0.30; 8.51 y 0.69 g/kg MS en enero-febrero-marzo, respectivamente). Se concluye que la edad de rebrote y los factores climáticos tuvieron marcado efecto en la concentración de metabolitos secundarios. Se demostró que al avanzar la madurez de la planta aumentaron los tenores de los metabolitos secundarios, solo los taninos condensados totales y los taninos condensados ligados sobrepasaron los límites en los cuales se puede afectar la fermentación ruminal. Se recomienda no utilizar esta planta con edad de rebrote superior a 75 d. Se sugiere conducir un estudio similar, en esta y otras leguminosas, en diferentes condiciones ambientales, y determinar la relación entre estos metabolitos y la digestibilidad y consumo de estas plantas.

Palabras clave: leguminosa, estadio de madurez, taninos, flavonoides, saponinas, alcaloides

Las especies leguminosas, en gran número, constituyen un recurso alimentario importante para los rumiantes, por su alto contenido de proteína cruda y minerales. Sin embargo, muchas especies vegetales presentan metabolitos secundarios, como taninos, saponinas, compuestos fenólicos y alcaloides, que pueden tener efecto negativo en el valor nutritivo de estos forrajes. Estas sustancias son elaboradas por la planta y cumplen funciones que tienen que ver con la defensa ante hongos, bacterias y virus y la protección ante la radiación ultravioleta. Además, sirven como mecanismo para evitar la deshidratación de sus tejidos. La presencia de estos componentes confiere a las plantas cierto sabor desagradable, que en muchos casos genera baja aceptabilidad para su consumo por parte de los animales herbívoros (Santacoloma-Varón y Granados 2010).

En sentido general, las especies fijadoras de nitrógeno sintetizan mayor diversidad de estructuras secundarias, como estrategia de supervivencia más avanzada con respecto a otras plantas pertenecientes a otras familias botánicas, en las que, con la formación de pocas toxinas potentes, se puede lograr el efecto deseado (García 2004). Este proceso se ha perfeccionado durante millones de años de evolución de las plantas en convivencia con los animales herbívoros y constituye un aspecto medular para comprender las diferencias quimio-taxonómicas entre las especies vegetales y su repercusión en el plano nutricional (Baldisán *et al.* 2006).

Según Baxter (1997), estos metabolitos actúan

principalmente en la digestión y absorción de proteínas, pero también influyen en la digestión de carbohidratos, utilización de minerales y en la biodisponibilidad de vitaminas (García *et al.* 2006 y 2008 y Pinto *et al.* 2010).

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la edad de rebrote en el contenido de metabolitos secundarios de *Neonotonia wightii* en el Valle del Cauto, Cuba.

Materiales y Métodos

Área de la investigación. El estudio se desarrolló en el polígono de producción animal de la Universidad de Granma, ubicado al sureste de Cuba, en la provincia de Granma, a 17.5 km de la ciudad de Bayamo.

Se utilizó una pradera de *Neonotonia wightii*, con dos años de establecimiento y 98 % de pureza. El estudio se llevó a cabo en enero-febrero-marzo (período poco lluvioso) y mayo-junio-julio (período lluvioso), durante 2007-2008. Se seleccionaron estos meses por ser representativos de ambos períodos estacionales en la región (Ramírez 2010).

Durante enero-febrero-marzo, las precipitaciones fueron de 83.7 mm. La temperatura media, mínima y máxima registró valores de 23.89, 18.28 y 31.41 °C, respectivamente, y la humedad relativa media, mínima y máxima fue de 76.71, 43.92 y 97.13 %, respectivamente. En mayo-junio-julio, las precipitaciones alcanzaron los 309.88 mm; la temperatura media, mínima y máxima alcanzó 27.22, 22.23 y 35.17 °C, respectivamente, y la humedad relativa media, mínima y máxima tuvo

promedios de 79.25, 49.96 y 96.17 %, respectivamente.

El suelo fue de tipo pardo con carbonato (Hernández *et al.* 1999), con pH de 6.2. El contenido de P_2O_5 , K_2O y N total fue de 2.4, 33.42 y 3.0 mg/100 g de suelo, respectivamente y 3.6 % de materia orgánica (Dirección Provincial de Suelos y Fertilizantes de Granma 2007).

Tratamientos y diseño experimental. Se aplicó un diseño de bloques al azar con seis réplicas. Los tratamientos fueron las edades de rebrote de 30, 45, 60, 75 y 90 d.

Procedimiento experimental. En cada período, al inicio de la evaluación, se realizó un corte de uniformidad a 5 cm sobre el nivel del suelo (enero y mayo para cada uno de los trimestres, respectivamente). Se delimitaron parcelas de 25 m², con 50 cm entre ellas, para cada una de las edades de rebrote. El terreno no se regó ni fertilizó durante el experimento. La toma de las muestras se realizó mediante el corte total de la parcela en cada tratamiento, eliminando 50 cm de efecto de borde. En cada una de las parcelas, se tomaron 200 g de material previamente homogeneizado. Este se secó a temperatura ambiente, en local ventilado y oscuro, por espacio de 12 d. Luego, se molinaron hasta tamaño de partícula de 1 mm y se almacenaron en frascos ámbar hasta el momento del análisis. Antes de cada análisis, el material se homogenizó y se secó a 65 °C en estufa de circulación de aire forzado durante 72 h (Herrera 2006) para eliminar la humedad residual.

Análisis químico. El análisis de los fenoles totales y los taninos totales se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteau, antes y después del tratamiento de los extractos con polivinilpolipirrolidona (Makkar 2003). Los taninos condesados totales, taninos condensados libres y taninos condensados ligados totales se determinaron según el método nbutanol/HCl/Fe3+ (Porter *et al.* 1986); los flavonoides, de acuerdo con Boham y Kocipai-Abyazan (1994); las saponinas, por el método descrito por Obdoni y Ochuko (2001); los triterpenos según Jie-Ping y Chao-Hong (2006); los esteroides por el método descrito por Galindo *et al.* (1989), y los alcaloides totales, según Muzquiz *et al.* (1994).

Para los oligosacáridos rafinosa, verbacosa y estaquiosa, se tomó 1 g de la muestra seca y molida, al

que se le añadieron 9 mL de metanol al 70 %. Se calentó durante 20 minutos a 100 °C, se enfrió a temperatura ambiente y se filtró por papel Whatman 42. Se añadieron 0.2 mL de solución Carrez I ($K_4Fe(CN)$ al 15% en agua destilada) y Carrez II ($Zn(CH_3COO)$ al 30 % en agua destilada) y se completó a 10 mL, con solución de metanol al 70 %. Se centrifugó a 4000 rpm durante 15 min. Se tomaron 5 mL de la parte superior y se añadieron 5 mL de diclorometano, agitando vigorosamente en vortex. Se dejó que las dos fases se definieran y se tomó la superior con una pipeta. Se hicieron dos extracciones más con diclorometano, igual a la descrita anteriormente. Se concentró la muestra en rotovap, y se pasó por filtro de 0.45 µm de poro. Para la detección se utilizó un HPLC (WATERS) de 2410, detector de índice de refracción, mediante el programa Empower Pro 2002. El método cromatográfico utilizado fue el isocrático (flujo constante) de 1 mL/min, con fase móvil de agua+ácido sulfúrico 0.01 N, y 50 °C de temperatura de columna. La columna utilizada fue de exclusión iónica: BioRad Amino HPX-87M de 300 mm x 7.8 mm.

Análisis estadístico y cálculos. Se realizó análisis de varianza, de acuerdo con el diseño experimental y las medias se compararon mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan (1955). Para la distribución normal de los datos, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Massey 1951) y para las varianzas, la de Bartlett (1937). Se aplicó el paquete estadístico Statistica 8.0 para Windows (2007).

Resultados

En el trimestre mayo-junio-julio (tabla 1), las concentraciones de taninos totales (TT), fenoles totales, taninos condesados totales, taninos condensados ligados totales y taninos condensados libres se incrementaron ($P < 0.05$) con la edad de rebrote y alcanzaron los mayores valores a los 90 d (5.24; 10.07; 77.67; 76.72 y 0.95 g/kg MS, respectivamente). Para todos los indicadores, estos se incrementaron, al comparar 90 con 30 d, en 3.34; 4.53; 32.8; 32.15 y 0.65 g/kg MS.

Durante enero-febrero-marzo, los taninos totales (TT), fenoles totales (FT), taninos condesados totales (TCT), taninos condensados ligados totales (TCLT) y

Tabla 1. Efecto de la edad de rebrote en el contenido de fenoles y taninos de la *Neonotonia wightii* en mayo-junio-julio

Edad, d	Taninos totales, g/kg	Fenoles totales, g/kg	Taninos condesados totales, g/kg	Taninos condensados ligados totales, g/kg	Taninos condensados libres, g/kg
30	1.90 ^a	5.54 ^a	44.87 ^a	44.57 ^a	0.30 ^a
45	2.16 ^b	7.22 ^b	51.87 ^b	51.37 ^b	0.50 ^b
60	3.60 ^c	8.55 ^c	54.32 ^c	53.68 ^c	0.55 ^c
75	4.57 ^d	8.76 ^d	64.17 ^d	63.38 ^d	0.79 ^d
90	5.24 ^e	10.07 ^e	77.67 ^e	76.72 ^e	0.95 ^e
EE±	0.24*	0.29*	2.11*	2.07*	0.04*

* $P < 0.05$. ^{abcde} Letras diferentes en una misma columna difieren para $P < 0.05$ (Duncan 1955)

taninos condensados libres (TCL) presentaron similar patrón de respuesta a la edad que en el período anterior. Para todos los indicadores, estos se incrementaron al comparar 90 con 30 d, en 1.32, 1.67, 36.50, 37.18 y 1.32 g/kg MS, respectivamente (tabla 2).

Durante mayo-junio-julio (tabla 3), los contenidos flavonoides, saponinas, triterpenos y esteroides aumentaron ($P < 0.05$) con la edad. Los mayores valores se alcanzaron a los 90 d. Lo mismo ocurrió con los alcaloides hasta los 60 d de rebrote, para después permanecer constante. La estaquiosa y la rafinosa disminuyeron ($P < 0.05$) con la edad, mientras que la verbacosa lo hizo hasta los 75 d, para después permanecer invariable. Los mayores tenores se obtuvieron a los 30 d de rebrote (tabla 3).

En enero-febrero-marzo, los flavonoides, saponinas, alcaloides triterpenos y esteroides, tuvieron similar patrón de respuesta a la edad, con respecto a mayo-

junio-julio. Los mayores valores se registraron a los 90 d. Sin embargo, los oligosacáridos presentaron comportamiento diferente; la verbacosa y la rafinosa aumentaron ($P < 0.05$) con la edad, mientras que la estaquiosa lo hizo hasta los 60 d, para después disminuir (tabla 4).

Discusión

El aumento de los fenoles totales, taninos totales y taninos condensados totales está relacionado con el incremento de la madurez de la biomasa y con el aumento de la concentración de lignina (Makkar 2003). Wambui *et al.* (2006), al evaluar la composición química de *Tithonia diversifolia*, encontraron valores para los fenoles totales y taninos totales de 10.6 y 5.6 g/kg MS, respectivamente. Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio durante el trimestre mayo-junio-julio.

Tabla 2. Efecto de la edad de rebrote en el contenido de fenoles y taninos de *Neonotonia wightii* en enero-febrero-marzo

Edad, d	Taninos totales, g/kg	Fenoles totales, g/kg	Taninos condensados totales, g/kg	Taninos condensados ligados totales, g/kg	Taninos condensados libres, g/kg
30	1.80 ^a	6.57 ^a	58.14 ^a	57.50 ^a	0.64 ^a
45	2.03 ^b	7.24 ^b	67.14 ^b	66.38 ^b	0.75 ^b
60	2.29 ^c	7.48 ^c	71.35 ^c	70.49 ^c	0.87 ^c
75	2.85 ^d	7.66 ^d	75.69 ^d	74.57 ^d	1.13 ^d
90	3.12 ^e	8.24 ^e	96.64 ^e	94.68 ^e	1.96 ^e
EE±	0.09*	0.10*	2.38*	2.29*	0.09*

* $P < 0.05$. ^{abcde} Letras diferentes en una misma columna difieren para $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Tabla 3. Efecto de edad en el contenido de oligosacáridos, flavonoides, saponinas, alcaloides, triterpenos y esteroides de la *Neonotonia wightii* en mayo-junio-julio

Edad, d	Verbacosa, g/kg	Estaquiosa, g/kg	Rafinosa, g/kg	Flavonoides, g/kg	Saponinas, g/kg	Alcaloides, g/kg	Triterpenos, g/kg	Esteroides, g/kg
30	0.0130 ^a	0.0076 ^a	0.0200 ^a	1.18 ^a	0.22 ^a	0.20 ^a	7.14 ^a	0.42 ^a
45	0.0073 ^b	0.0068 ^b	0.0140 ^b	1.39 ^b	0.30 ^b	0.20 ^a	7.52 ^b	0.47 ^b
60	0.0064 ^c	0.0060 ^c	0.0090 ^c	1.94 ^c	0.40 ^c	0.30 ^b	7.67 ^c	0.52 ^c
75	0.0044 ^d	0.0130 ^d	0.0073 ^d	2.47 ^d	0.49 ^d	0.30 ^b	7.99 ^d	0.56 ^d
90	0.0041 ^d	0.0110 ^e	0.0083 ^e	3.29 ^e	0.53 ^e	0.30 ^b	8.58 ^e	0.63 ^e
EE±	0.0006*	0.0005*	0.0009*	0.14*	0.02*	0.0094*	0.01*	0.01*

* $P < 0.05$. ^{abcde} Letras diferentes en una misma columna difieren para $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Tabla 4. Efecto de edad en el contenido de oligosacáridos, flavonoides, saponinas, alcaloides, triterpenos y esteroides de la *Neonotonia wightii* en enero-febrero-marzo.

Edad, d	Verbacosa, g/kg	Estaquiosa, g/kg	Rafinosa, g/kg	Flavonoides, g/kg	Saponinas, g/kg	Alcaloides, g/kg	Triterpenos, g/kg	Esteroides, g/kg
30	0.0032 ^a	0.0058 ^a	0.0058 ^a	1.30 ^a	0.44 ^a	0.20 ^a	7.36 ^a	0.45 ^a
45	0.0033 ^b	0.0090 ^b	0.0091 ^b	1.70 ^b	0.21 ^b	0.20 ^a	7.54 ^b	0.51 ^b
60	0.0044 ^c	0.0071 ^c	0.0100 ^c	2.09 ^c	0.31 ^c	0.30 ^b	7.77 ^c	0.56 ^c
75	0.0058 ^d	0.0059 ^d	0.0130 ^d	2.86 ^d	0.42 ^d	0.30 ^b	8.05 ^d	0.63 ^d
90	0.0066 ^e	0.0055 ^e	0.0150 ^e	3.99 ^e	0.52 ^e	0.30 ^b	8.51 ^e	0.69 ^e
EE±	0.0003*	0.0002*	0.0006*	0.18*	0.02*	0.01*	0.08*	0.02*

* $P < 0.05$. ^{abcde} Letras diferentes en una misma columna difieren para $P < 0.05$ (Duncan 1955)

Miller y Ehlke (1996) y McMahon *et al.* (2000), al estudiar la concentración de los taninos condensados argumentaron que, este compuesto está controlado, primariamente, por los factores genéticos y, en segundo término, por las variaciones ambientales. En general, su concentración aumentó con la madurez y está asociada al incremento de lignina en los tejidos, lo que puede causar la disminución de la digestibilidad del forraje, cuando alcanzan altos valores. Además, estos autores señalaron que las altas concentraciones de taninos condensados totales han estado asociadas con el incremento de la lignina, ya que en *Lotus pedunculatus* encontraron contenidos de 106 g/kg de estos taninos y 132-152 g/kg de lignina. La relación positiva entre estos se atribuye a la ruta común de biosíntesis de estos dos compuestos.

En leguminosas forrajeras se han informado valores de taninos condensados entre 22.2 y 237.5 g/kg. De estos, 90 % son taninos ligados totales, y aproximadamente 70 % están vinculados a la proteína. Porque, a mayor concentración de los taninos condensados totales, mayor será la cantidad de estos acoplados a las proteínas, debido a la afinidad que tienen por este nutriente (Jackson *et al.* 1996). Terrill *et al.* (1992) obtuvieron valores de 22.2 y 33.6, y de 105-238 g/kg de fenoles totales y taninos condensados ligados totales, y los relacionaron ligados con la reducción de la digestibilidad de la pared celular.

Las diferencias que presentaron los taninos condensados totales, taninos condensados ligados totales y taninos condensados libres entre los períodos experimentales, en este estudio, se pueden atribuir a las variaciones de las condiciones medioambientales, a la nutrición de la planta y a las probables reacciones de los taninos con otros compuestos presentes, entre otros factores (Makkar y Singh 1991). Esto se evidenció en un estudio realizado por Lees *et al.* (1995) en clones de *Lotus uliginosus*. Estos autores informaron que los taninos condensados totales aumentaron de 30 a 100 g/kg, cuando la temperatura varió de 30 a 20 °C, respectivamente. Con posterioridad, en suelos de baja fertilidad en *Lotus pedunculatus*, se encontraron concentraciones de 80 a 110 g/kg. Estas llegaron a ser cuatro veces más altas que cuando las plantas se desarrollaron en suelos fértiles (McMahon *et al.* 2000).

Excepto para los taninos condensados, los demás valores estuvieron por debajo de las cantidades informadas en la fracción comestible de algunas leguminosas utilizadas en sistemas agrosilvopastoriles en el trópico (García 2004). En este estudio, la concentración de estos compuestos (menos los taninos condensados, a los 90 y 60 d en los períodos mayo-junio-julio y enero-febrero-marzo, respectivamente) fue inferior a la concentración mínima (fenoles totales, 40; taninos totales, 40 y taninos condensados, 60 g/kg MS) informada por Makkar (2003), cuando se comenzó a afectar la fermentación en el rumen.

Chew *et al.* (2011) señalaron las características antioxidantes y bactericidas, entre otras, de algunas

leguminosas utilizadas como plantas medicinales en Malasia, y las relacionaron con el posible contenido de compuestos fenólicos. Por esto, sería importante estudiar esta probable relación en las plantas utilizadas en Cuba para la nutrición animal y la salud humana.

Los resultados encontrados en verbacosa y estaquiosa resultaron inferiores a los señalados por Vijayakumari *et al.* (2002) en *Dolichos lablab* (0.17 y 0.13 g/kg de estaquiosa y verbacosa, respectivamente). Estos azúcares no-reductores, de bajo peso molecular, son compuestos de reserva presentes en cantidades variables en órganos vegetativos y en semillas de numerosas plantas, incluidas las leguminosas (Kadlec 2000). A estos oligosacáridos también se les denomina “factores de flatulencia”, porque al ser fermentados por la microflora intestinal, liberan cantidades considerables de gases.

Los valores de flavonoides encontrados en este trabajo resultaron inferiores a los de Verdecia *et al.* (2012) en *Leucaena leucocephala*, y se encuentran en el rango informado por Edeoga *et al.* (2005) para plantas medicinales en Nigeria (1.5 a 9.8 g/kg). Sin embargo, las relativas altas concentraciones de los flavonoides se deben a que este es uno de los grupos fenólicos que le ofrecen a las plantas protección contra la radiación solar (Cerovic *et al.* 2002), ya que actúa como bloqueador del sol en la epidermis de las hojas, y protege el interior de la célula de las posibles altas radiaciones que resultan dañinas (Jordan 2002, Bassman 2004 y Morales *et al.* 2010).

En la literatura científica se ha llegado al consenso generalizado de que la concentración de flavonoides y de gran número de compuestos polifenólicos presenta variaciones drásticas, tanto con factores ambientales como de manejo (García 2004).

Aunque no todas las saponinas son metabolitos deletéreos, a partir de ciertas concentraciones actúan como inhibidores del consumo, tienen propiedades espumantes, presentan sabor amargo y constituyen potentes tóxicos en el metabolismo digestivo (García 2004 y Baldizán *et al.* 2006). No obstante, las concentraciones en la especie evaluada fueron similares a las encontradas en la harina de soya y en el follaje de otras plantas que se consumen, sin dificultad, por el ganado vacuno en condiciones naturales (Sotelo *et al.* 1995 y Makkar 2003).

Los tenores de alcaloides (0.5-1 g/kg MS), informados por Sotelo *et al.* (1996) y García *et al.* (2008), se consideran como intermedios en algunas leguminosas forrajeras. Al tener en cuenta lo anterior, este grupo de compuestos no debe causar trastornos para el desempeño adecuado de los rumiantes. Por tanto, los resultados de 0.30 g/kg en este estudio se deben considerar como bajos, y apoyan la hipótesis de que estas fuentes de nitrógeno no proteico se encuentran diseminadas en la mayoría de los organismos vegetales, principalmente en plantas dicotiledóneas (Sotelo *et al.* 1996). Los

valores en la planta evaluada resultaron similares a las concentraciones características de numerosas especies que no causan toxicidad.

Medina *et al.* (2009) informaron valores de triterpenos, de 10-14 g/kg, y argumentaron la dificultad de compararlos por la poca disponibilidad de literatura que describe este metabolito. Sin embargo, Mossi *et al.* (2009), al estudiar el contenido de triterpenos en *Maytenus ilicifolia* en 16 zonas de Brasil, encontraron concentraciones desde 8.67 hasta 28.56 g/kg, pero no hallaron correlación entre el tenor de triterpenos y las variables ambientales. Estos autores concluyeron, por tanto, que la variación de este tipo de metabolito depende de las características de cada población.

Semmar *et al.* (2011) señalaron la variabilidad y el significado ecológico de los metabolitos secundarios en los biosistemas, mientras que Karolewski *et al.* (2011) informaron que la variabilidad de los compuestos fenólicos estaba determinada, principalmente, por la edad y su localización en las diferentes partes de la planta, aspectos que se manifestaron en este estudio.

Los resultados de esta investigación evidenciaron el marcado efecto de la edad y de los factores climáticos en la producción de metabolitos secundarios, ya que en ambos períodos estacionales se obtuvieron similares patrones de respuesta a la edad rebrote, pero con valores específicos en cada período estacional. Sin embargo, se demostró que a medida que avanzó la madurez de la planta, aumentaron las concentraciones de los metabolitos secundarios. Solo los taninos condensados totales y los taninos condensados ligados totales sobrepasaron los límites en los que se puede afectar la fermentación ruminal. Este aspecto tiene que ser considerado en el manejo de esta especie, cuando se utilice en la alimentación animal. No obstante, sería apropiado, de acuerdo con los valores de los indicadores aquí estudiados, no emplear la *Neonotonia wightii* con edad de rebrote superior a 75 d, aunque es preciso conducir estudios multidisciplinarios futuros que avalen la edad de rebrote óptima.

Conclusiones

Se sugieren nuevas investigaciones en esta especie, y en otras leguminosas en diferentes condiciones edafoclimáticas, con la división de los períodos del año (lluvioso y poco lluvioso) en trimestres, debido a las variaciones que se producen en las condiciones ambientales en cada uno de ellos. De esta forma, se ampliarían los conocimientos en el comportamiento de los metabolitos secundarios y se haría énfasis en los compuestos fenólicos. Sería recomendable estudiar la posible relación entre estos metabolitos y la digestibilidad y el consumo de esta planta.

Agradecimientos

Se agradece al Programa de Cooperación Interuniversitaria e Investigación Científica de la

Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Proyecto AECID A/023167/09) el financiamiento para esta investigación.

Referencias

- Baldizán, A., Domínguez, C., García, D.E., Chacón, E. & Aguilar, L. 2006. Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en el bosque deciduo tropical de los llanos centrales venezolanos. *Zootecnia Trop.* 24:213
- Bartlett, M. 1937. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Society of London. Ser. A*; 160:268
- Bassman, J.H. 2004. Ecosystem consequences of enhanced solar ultraviolet radiation: secondary plant metabolites as mediators of multiple trophic interactions in terrestrial plant communities. *Photochem. Photobiol.* 79:382
- Baxter, N. J. 1997. Multiple interactions between poliphenols and salivary proline rich protein result in complexation and precipitation. *J. Biochem.* 36:503
- Boham B.A. & Kocipai-Abyazan R. 1994. Flavonoids and condensed tannins from leaves of Hawaiian *Vaccinium vaticulatum* and *V. calycinum*. *Pac. Sci.* 48:458
- Cerovic, Z.G., Ounis, A., Cartelat, A., Latouche, G., Goulas, Y., Meyer, S. & Moya, I. 2002. The use of chlorophyll fluorescence excitation spectra for the non-destructive *in situ* assessment of UV-absorbing compounds in leaves. *Plant Cell Environ.* 25:1663
- Chew, Y., Chan, E., Tan, P., Lim, Y., Stanslas, J. & Goh, J. 2011. Assessment of phytochemical content, polyphenolic composition, antioxidant and antibacterial activities of Leguminosae medical plants in Peninsular Malaysia. Disponible: <http://www.biomedcentral.com/1472-6882/11/12>. [Consultado:12/12/2012]
- Dirección de Suelos y Fertilizantes de Granma. 2007. Caracterización de los suelos de la provincia Granma. Ministerio de la Agricultura. Cuba
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1
- Edeoga, H.O., Okwu, D.E. & Mbaebie, B.O. 2005. Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African J. Bio Tech.* 4:685
- Galindo, W., Rosales, M., Murgueitio, E. & Larrahondo, J. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de árboles forrajeros. *Livest. Res. Rural Devel.* 1:36
- García, D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes.* 27:101
- García, D.E., Medina, M.G., Humbría, J., Domínguez, C.E., Baldizán, A., Cova, L.J. & Soca, M. 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zootecnia* 55:373
- García, D.E., Medina, M.G., Clavero, T., Cova, L. J., Domínguez, C. & Baldizán, A. 2008. Caracterización nutritiva del follaje de seis especies forrajeras con énfasis en sus perfiles polifenólicos. *Rev. Científica FCV-LUZ* 18:188
- Hernández, A., Pérez, J.M. & Boch, D. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de la Habana, Cuba. p.64
- Herrera, R.S. 2006. Fisiología, calidad y muestreos. En: Fisiología, producción de biomasa y sistemas silvopastoriles en pastos tropicales. Abono orgánico y biogás. Eds. Herrera,

- R.S., Rodríguez, I. y Febles, G. EDICA. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, p.89
- Jackson, F., Barry, T., Lascano, C. & Palmer, B. 1996. The extractable and bound condensed tannin content of leaves for tropical tree, shrub and forage legumes. *J. Sci. Food Agric.* 17:103
- Jie-Ping, F. & Chao-Hong, H. 2006. Simultaneous quantification of three major bioactive triterpene acids in the leaves of *Diospyros kaki* by high-performance liquid chromatography method. *J. Pharmaceutical and Biomedical Analysis.* 41: 950
- Jordan, B.R. 2002. Molecular response of plant cells to UV-B stress. *Funct. Plant Biol.* 29:909
- Kadlec, P. 2000. Carbohydrate chemistry. En: Carbohydrates in grain legumes seeds, Improving nutritional quality and agronomic characteristics. Hedley, C.L. (Ed.), CABI Publishing, Norwich, UK, p.15
- Karolewski, P., Jagodziński, A.M. & Grzebyta, J. 2011. Influence of tree age, needle age and location in the crown on the phenolic compounds content in needles of young Scots pines. *Sylwan* 155:797
- Lees, G. L., Gruber, M. Y. & Sutill, N. H. 1995. Condensed tannins in sainfoin. II. Occurrence and changes during leaf development. *Can. J. Bot.* 73: 1540–1547
- Makkar, H.P.S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. A laboratory manual. 102 p.
- Makkar, H.P.S. & Singh, B. 1991. Distribution of condensed tannins (proanthocyanidins) in various fibre fractions in young and mature leaves of some oak species. *Anim. Feed Sci. Tech.* 32:253
- Massey, F. J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test for goodness of fit. *J. Amer. Stat. Assoc.* 68:78
- McMahon, L., McAllister, T., Berg, B., Majak, W., Achanrya, S. & Popp, J. 2000. A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. *Can. J. Plant Sci.* 80:469
- Medina, M., García, D., González, M., Cova, L. & Moratinos, P. 2009. Variables morfo-estructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Zoot. Trop.* 27:121
- Miller, P. R. & Ehlke, N. J. 1996. Condensed tannins in birdsfoot trefoil: genetic relationships with forage yield and quality in NC-83 germplasm. *Euphytica* 92:383
- Morales, L.O., Tegelberg, R., Brosché, M., Keinänen, M., Lindfors, A. & Aphalo, P.J. 2010. Effects of solar UV-A and UV-B radiation on gene expression and phenolic accumulation in *Betula pendula* leaves. *Tree Physiology.* 30: 923.
- Mossi, A.J., Mazutti, M., Paroul, N., Corazza, M.L., Dariva, C., Cansian, R.L. & Oliveira, J.V. 2009. Chemical variation of tannins and triterpenes in Brazilian populations of *Maytenus ilicifolia* Mart. Ex Reiss. *Braz. J. Biol.* 69:339
- Muzquiz, M., Cuadrado, C., Ayet, G., De la Cuadra, C., Burbano, C. & Osagie, A. 1994. Variation of alkaloid components of lupin seeds in 49 genotypes of *Lupinus albus* L. from different countries and location. *J. Agric. Food Chem.* 42:1447
- Obdoni, B.O. & Ochuko, P.O. 2001. Phytochemical studies and comparative efficacy of the crude extract of some homostatic plants in Edo and Delta states of Nigeria. *Glob. J. Pure Appl. Sci.* 8:203
- Pinto, R., Hernández, D., Gómez, H., Cobos, M.A., Quiroga, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 48, Número 2, 2014.
- R & Pezo, D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* 26:19
- Porter, L., Hrstich, L. & Chan, B. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phychem.* 25:223
- Ramírez, J.L. 2010. Rendimiento y valor nutritivo de cinco gramíneas en el Valle del Cauto. Tesis Dr. Universidad de Granma, Cuba
- Santacoloma-Varón, L.E & Granados, J. 2010. Evaluación del contenido de metabolitos secundarios en dos especies de plantas forrajeras encontradas en dos pisos térmicos de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental.* 1:31
- Semmar, N., Nouira, S. & Farman, M. 2011. Variability and ecological significances of secondary metabolites in terrestrial biosystems. *Environmental Res. J.* 5:213
- Sotelo, A., Contrera, E. & Flores, S. 1995. Nutritional value and content of antinutritional compounds and toxics in ten wild legumes of Yucatan Peninsula. *Plant Food.* 47:115
- Sotelo, A., Soto, M. & Lucas, B. 1996. Comparative studies of the alkaloids composition of two Mexican *Erythrina* species and nutritive value of the detoxified seeds. *J. Agric. Food Chem.* 41: 2340.
- Verdecia, D., Herrera, R.S., Ramírez, J.L., Leonard, I., Álvarez, Y., Bazán, Y., Arceo, Y., Bodas, R., Andrés, S., Álvarez, J., Giradles, F. & López, S. 2012. Valor nutritivo de *Leucaena leucocephala* con énfasis en el contenido de metabolitos secundarios. *REDVET*, 13 (11)
- Vijayakumari, K., Smitha, K.B. & Janardhanan, K. 2002. Biochemical characterization of the tribal pulse, *Mucuna utilis* Wall ex. Wight seeds. *J. Food Sci. Tech.* 39:3650
- Wambui, C., Abdulrazak, S. & Noordin, Q. 2006. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. *Livestock Res. Rural Devel.* 18:117

Recibido: 19 de agosto de 2013