



Observación visual de rumiantes mediante el método de categorías de bocados para estimar su consumo voluntario bajo pastoreo de agostaderos[†]

Visual Observation of Ruminants through the Bite Categories Method to Estimate their Voluntary Consumption under Rangelands/Shrublands

Yessica Elena Vázquez-Martínez¹ <https://orcid.org/0009-0005-2198-1033>

Cecilia Carmela Zapata-Campos¹ <https://orcid.org/0000-0003-4322-8438>

Raúl Ávila-Cervantes² <https://orcid.org/0000-0002-6444-0342>

Juan Felipe de Jesús Torres-Acosta² <https://orcid.org/0000-0003-3724-3391>

Carlos Alfredo Sandoval-Castro² <https://orcid.org/0000-0003-2778-8240>

Pedro Geraldo González-Pech^{2*} <https://orcid.org/0000-0001-7916-1832>

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia “Dr. Norberto Treviño Zapata”, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

²Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil CP 97290, Mérida, Yucatán, México.

*Autor por correspondencia: pedro.gonzalez@correo.uady.mx

[†]Trabajo de revisión

Recibido: 14 de febrero de 2024

Aceptado: 31 de marzo de 2024

Publicado: 06 de mayo de 2024

Resumen

Objetivo. Exponer el método de observación visual de categorías de bocados para estimar el consumo de rumiantes en agostaderos, su complejidad, fortalezas y limitantes. **Materiales y métodos.** La revisión se focalizó en los trabajos que mejoraron el método (validación, aumento

Abstract

Objective. To present the method of visual observation of bite categories to estimate the consumption of ruminants in grassland/shrublands, its complexity, strengths, and limitations. **Material and methods.** The review focused on work that improved method (validation, increase

en la precisión de la estimación, repetibilidad y fiabilidad) y en la identificación de las fortalezas y limitantes del método, se presentan ejemplos de su uso en etología, nutrición y parasitología. **Resultados.** El método consiste en un conjunto de técnicas que integran elementos de etología, botánica, nutrición y estadística, resultando en una estimación confiable y detallada de la cantidad y calidad de follaje ingerido por los rumiantes. La validación fue efectuada por diversos autores en estudios que abarcan desde los marcadores de óxido de cromo hasta el uso de animales fistulados. El método de observación de bocados evolucionó a lo largo de los años incorporando mejoras como el refinamiento de las categorías de bocados según el tamaño y forma de las partes de las plantas consumidas (tablas de categorías de bocados), y el uso de protocolos de habituación en los animales a observar para evitar influenciar la conducta de ingestión de los animales bajo estudio. **Conclusión.** Es un método de bajo costo, respetuoso del bienestar animal, no interfiere con la conducta habitual, la estimación entre observadores tiene buena repetibilidad y exactitud, la estimación es cuantitativa y detallada. Sin embargo, su implementación es laboriosa, requiere conocimientos de etología, botánica y entrenamiento en la identificación de las categorías de bocados. Puede considerarse un método vigente, aplicable si se dispone del recurso humano capacitado.

Palabras clave

Consumo, cabras, ovejas, bovinos, agostaderos, vegetación nativa.

in estimation accuracy, repeatability, and reliability), identify the strengths and limitations of the method and present examples of its use in ethology, nutrition, and parasitology. **Results.** The method is a set of techniques that integrates elements of ethology, botany, nutrition, and statistics allowing a reliable and detailed estimation of the quantity and quality ingested by ruminants. The validation was carried out by various authors on studies supported by the calibration of external markers (chromium oxide), but also with the use of cannulated animals. Over the years the method has evolved with improvements like the refinement of bite categories description according to the size and shape of the parts of the plants consumed (grid of bite categories). Also, with the use of protocols for habituation in the animals to be observed to avoid influencing the feeding behavior of the animals under study. **Conclusion.** It is a low-cost method, respectful of animal welfare, does not interfere with usual behavior of animals, the estimation between observers has good repeatability and accuracy, the estimation is quantitative and detailed. However, its implementation is laborious, requiring knowledge on ethology, botany, and training in the identification of the bite categories. It can be considered a current method, applicable if trained human resources are available.

Keywords

Intake, goats, sheep, cattle, rangelands, native vegetation, rangelands

Introducción

Un animal bien alimentado tendrá mayor oportunidad de expresar su potencial genético, con niveles de producción de carne o leche acordes a su genotipo, manteniendo al mismo tiempo un sistema inmune capaz de defenderse de las enfermedades, todo ello se reflejará en un buen nivel de bienestar animal. Por ello es crucial en todas las especies animales determinar la cantidad de alimentos que consume al día, conocido como consumo voluntario (expresado en gramos de materia seca) así como su calidad. Ello puede ser fácil si

son alimentados en comedero ya que la diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada representa el consumo voluntario.

El mismo enfoque se aplica cuando son alimentados en praderas de gramíneas homogéneas (una o algunas pocas especies); es decir, una sola especie de pasto. Por ejemplo, midiendo la altura del pasto antes y después del pastoreo es posible estimar cuánto consumieron los animales en una determinada superficie (Linehan *et al.*, 1947; T'Mannetje, 1978).

Sin embargo, estimar la cantidad de forraje que ingieren los rumiantes en praderas con muchas especies de plantas es más complicado. Esto debido a la diversidad de forma de vida (árboles, arbustivas de hoja bipinada con o sin espinas o de hoja redondeada, enredaderas, pastos y herbáceas), las cuales crecen y rebrotan a ritmos diferentes a lo largo de las épocas del año. Además, tales plantas pueden estar distribuidas de una manera no uniforme en el área de pastoreo. Adicionalmente, el animal puede elegir con base en su experiencia, es el animal mismo quien decide cuáles plantas, cuánto de esas plantas y qué parte de las mismas consumir. En tales condiciones el método más pertinente para estimar el consumo puede ser la observación directa de las categorías de bocados consumidos (Agreil y Meuret, 2004; Bonnet *et al.*, 2015). Por lo que, identificar qué cantidad y calidad come el animal durante el pastoreo de vegetación heterogénea permitirá por supuesto estimar el nivel de producción (carne/leche) que sería posible obtener, e incluso puede ayudar a diseñar el suplemento dietético correcto en caso de ser necesario.

Como método de investigación la observación visual de categorías de bocados para estimar el consumo voluntario puede usarse tanto para la ciencia básica como para la ciencia aplicada en áreas tan diversas como la etología (González-Pech *et al.*, 2021), nutrición (Ventura-Cordero *et al.*, 2019) o parasitología (Jaimez-Rodríguez *et al.*, 2019). Motivo por el cual, el objetivo del presente trabajo es exponer el método de observación visual de categorías de bocados para estimar el consumo de rumiantes en agostaderos, su complejidad, fortalezas y limitantes.

Desde sus inicios en los años 1960-1970, con estudios en ganado bovino en agostaderos (Reppert, 1960) y ciervos mulos en una cuenca hidrográfica (Neff, 1974) hasta el estudio de la selección de la dieta del serau japonés (Takada, 2024) una cantidad considerable de investigaciones utilizan esta metodología, por lo que es importante revisar las fortalezas y limitantes que aporta en la investigación sobre alimentación de rumiantes en agostaderos.

El enfoque de la presente revisión se centra en aquellos trabajos que significaron avances en el método, ya sea por la validación efectuada al contrastar el resultado (consumo de materia seca) con otros métodos, o demostrar la repetibilidad o fiabilidad en la observación, mejorar la descripción y muestreo de las categorías de bocados o definir el manejo necesario para la habituación de los animales, crucial para evitar que el observador afecte el consumo. También se incluyen trabajos que ejemplifican su utilización en disciplinas como la etología, nutrición y parasitología, así como las fortalezas y limitantes de este método.

Etapas para la implementación del método de observación directa de las categorías de bocados

Conocer las especies de plantas presentes en el área de pastoreo que es objeto de estudio

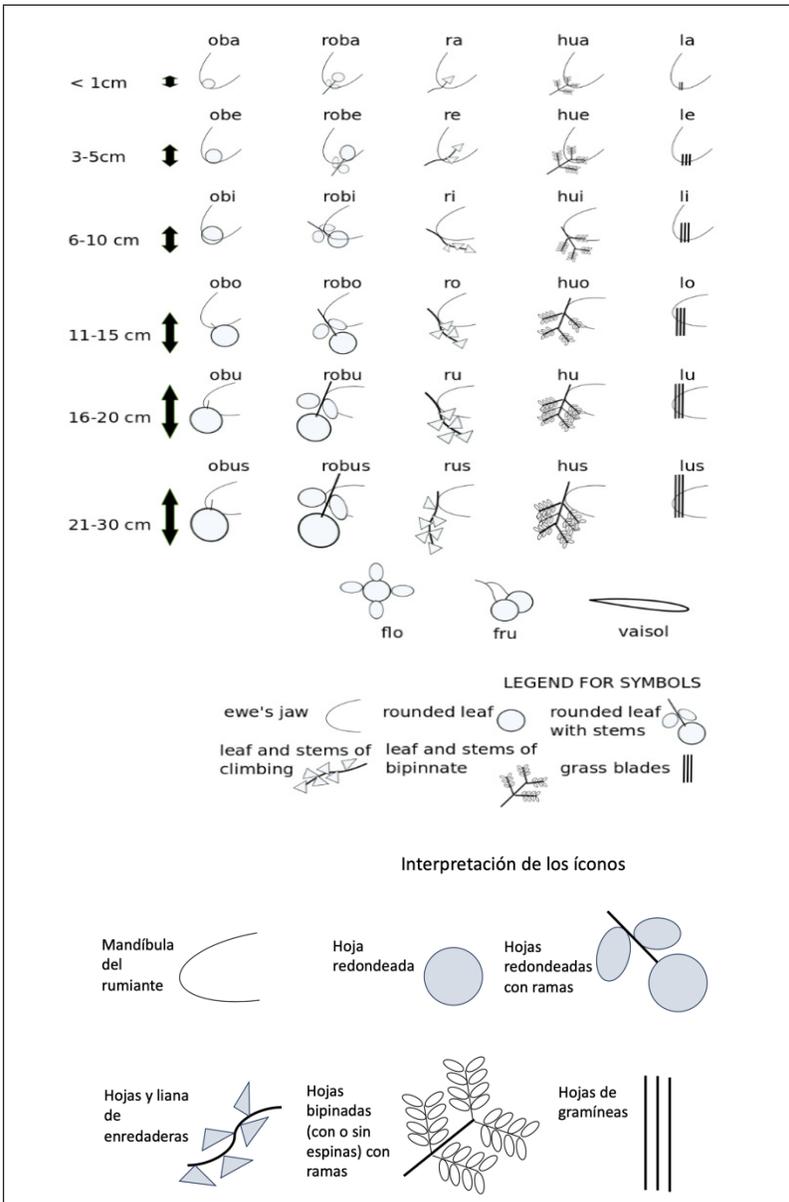
Para esto se deben coleccionar especímenes de plantas con sus tallos, hojas, flores y frutos. Estas colectas sirven para la identificación botánica precisa de la planta efectuado en algún laboratorio. Para ello se debe tomar una muestra de la planta prensada, secada y etiquetada para su identificación, registro y almacenamiento (*voucher*) en un herbario certificado. Es importante identificar incluso aquellas especies de plantas que son presumiblemente no comestibles, ya que como reportado por Torres-Fajardo *et al.* (2022) los rumiantes habituados al pastoreo de agostaderos o vegetación nativa, pueden consumir cantidades limitadas de plantas consideradas *a priori* como no comestibles pues poseen habilidades y capacidades de pastoreo diferentes de los animales alimentados exclusivamente con gramíneas.

Identificar las categorías de bocados a las cuales se les asignan códigos de bocados

Un bocado es la parte de la planta que es desprendida e ingerida por el animal. Como parte del método, estos se estratifican en categorías según la forma y tamaño de la sección (hoja, rama, fruto, flor) de la planta que es desprendida, asignándosele un código que identifica a dicha categoría de bocado. Existen varias tablas de categorías: para ovejas (Agreil y Meuret, 2014), cabras (González-Pech *et al.*, 2014; 2015) y bovinos (Bonnet *et al.*, 2015) en varios tipos de vegetación. La tabla de categorías de bocados adaptada a las condiciones de la selva baja caducifolia del sureste de México fue diseñada por González-Pech *et al.* (2014), con ella se permite identificar cualquier bocado en más de 80 especies de plantas e incluye códigos para categorías efectuados por el animal en especies de plantas de hoja bipinada, por ejemplo la *Leucaena leucocephala* (figura 1), donde cada código o acrónimo indica la forma de la parte de la planta que es removida por el animal, la vocal con la que termina el código indica el tamaño en centímetros. Así por ejemplo *obi* significa un bocado conformado por hoja redonda o redondeada de 6 de 10 cm, *obo* un bocado de hoja redonda o redondeada con un tamaño de 11 a 15 cm y así sucesivamente. El código *roba* a *robus* indican bocados conformados por hoja redonda o redondeada que incluyen ramas. Los códigos *ra* a *rus* bocados para enredaderas, los códigos *hua* a *hus* bocados efectuados en plantas de hoja bipinada, y los códigos *la* a *lus*, bocados efectuados en gramíneas.

Figura 1

Categorías de bocados descrita en González-Pech *et al.* (2014)



Los códigos para cada categoría se indica arriba de los iconos, el largo del material removido está en centímetros. De izquierda a derecha las columnas indican la parte y forma que es separada de la planta por el animal al efectuar el bocado: 1ª columna: hojas redondas o redondeadas; 2ª columna: hojas redondas u hojas redondas, pero incluyendo parte de la rama; 3ª columna: hojas y liana de enredaderas; 4ª columna: hojas y ramas de especies de plantas de hoja bipinnada (con o sin espinas); 5ª columna: hojas de gramíneas. Se incluyen tres códigos que indican el consumo de flores (flo) frutos (fru) y vainas en el suelo (vaisol).

La versatilidad de dicha tabla de categorías de bocados se empleó con éxito en áreas similares como la vegetación de nativa del nordeste brasileño (Barros-Brito *et al.*, 2021) y el matorral tipo espinoso tamaulipeco (Vázquez-Martínez *et al.*, 2023), en el último caso se añadieron categorías exclusivas para las cactáceas. Como ejemplifica el caso tamaulipeco, las perspectivas del empleo de la tabla de categorías de bocados en agostaderos o vegetaciones diferentes a las ya mencionadas son positivas.

Habituarse o familiarizar a los animales a la presencia de los observadores

Es importante que los animales observados no respondan huyendo o mostrando interés por la presencia de los observadores durante el pastoreo (Agreil y Meuret, 2004). Si bien este paso requiere invertir tiempo, el protocolo de habituación (González-Pech *et al.*, 2018a) permite lograr que el observador sea aceptado por el rebaño sin modificar ni interferir con la conducta de pastoreo. Ello se logra mediante la exposición gradual y creciente del estímulo que representa la presencia y acercamiento del observador sin ocasionar repercusiones negativas ni positivas en los animales. La frecuencia con que los animales reducen las conductas de huida o seguimiento se toma como indicador del avance de la habituación, se considera superada esta etapa cuando el observador puede aproximarse y seguir al animal a una distancia de un metro sin que el animal interrumpa o modifique su conducta de pastoreo (González-Pech *et al.*, 2018a).

Observar al animal durante el pastoreo

El observador dicta en tiempo real (en grabadoras de audio) las especies de planta y los códigos correspondientes a las categorías de bocados efectuados por el animal. El empleo del dictado permite al observador mantener la atención en la observación del animal (figura 2), ya que no es necesario apartar la vista como sería el caso para realizar un registro escrito.

Capturar en una base de datos las especies de plantas y los códigos de categorías de bocados

Todos los datos de los audios grabados durante el pastoreo deben verse cuidadosamente en hojas de cálculo, como por ejemplo en Excel, o bien se puede utilizar algún software especializado en cronología de la conducta como EthoLog (Otoni, 1997), que permite capturar los códigos de las categorías de bocados y registra los segundos que transcurren entre bocados. Sería posible automatizar dicha labor con las tecnologías de reconocimiento de voz, como reporta Krishnaraj *et al.* (2010) en el caso de médicos radiólogos que dictan los hallazgos a un programa de computadora que genera el reporte escrito. Sin embargo, dicha tecnología no está disponible en muchos países, además que una cuidadosa verificación de la captura es necesaria.

Determinar los pesos de cada categoría de bocado

Para ello se muestrean las categorías de bocado en las especies de plantas consumidas, con la técnica de *pinza manual* o *hand-plucking* (Wallis de Vries, 1995). Con esta técnica,

el operario manipula la vegetación para simular y cortar las partes de las plantas que ya fueron identificadas como categorías de bocados, hechos por el animal en pastoreo. Cada muestra incluye varias repeticiones que permiten obtener un peso promedio (en fresco y en seco), por cada categoría de bocado y especie (Bonnet *et al.*, 2011). Las muestras también pueden ser empleadas para determinar en el laboratorio la composición química y el contenido de compuestos secundarios si fueran de interés.

Integrar la información para cada animal

Como paso final se utiliza el número de todas y cada una de las categorías de los bocados consumidos, con sus respectivos pesos, y con ello se calcula el consumo voluntario (base fresca o base seca).

Figura 2

Dos ejemplos de observación directa de las categorías de bocados implementados en cabras en pastoreo de selva baja caducifolia



Fotografías: Pedro Geraldo González-Pech.

Número mínimo de animales a observar

Como es un método de investigación, el número de animales que es necesario observar dependerá de los objetivos de cada estudio. En ovejas, en pastos de clima templado, al evaluar el efecto del tamaño del grupo o la abundancia de los pastos sobre el consumo (Penning *et al.*, 1993; Parsons *et al.*, 1994) se utiliza al animal como la unidad experimental y menor número de repeticiones. Por ejemplo, Parsons *et al.* (1994) consideran los tratamientos de ovejas lactantes *versus* ovejas no lactantes, y en cada tratamiento un animal con cuatro repeticiones (animales). Sin embargo, en la vegetación heterogénea, cada animal dispone de gran diversidad de plantas para consumir (González-Pech *et al.*, 2014; Ventura-Cordero *et al.*, 2019) y el patrón de selección no es afectado por el grupo (social), por lo que es más factible utilizar al individuo (no el grupo) como la unidad experimental, así como un menor número de repeticiones.

Por ejemplo, en un solo metro lineal de selva baja caducifolia, un pequeño rumiante puede encontrar gran diversidad de especies de plantas con variedad de formas de vida como enredaderas, arbustos, pastos, herbáceas dicotiledonas, corteza de árboles, hojas secas

y vainas en el suelo. En este caso, la oferta que se presenta a cada animal, es similarmente diversa pero no igual, por lo que la decisión de cosecha es propia de cada individuo.

En condiciones de vegetación heterogénea, algunos estudios no cuantitativos (sin peso del bocado) sobre preferencia o selección evaluando el tiempo dedicado al pastoreo o la proporción de bocados efectuados en las especies de plantas, han utilizado dos individuos de la misma especie como unidad experimental (Animut *et al.*, 2005; El Aich *et al.*, 2007; Egea *et al.*, 2014). En estudios cuantitativos es menos común usar sólo dos animales, pero sí existen algunos reportes, como los de Yiakoulaki y Papanastis (2009) y de Chen *et al.* (2013). En vegetación heterogénea, con al menos tres o cuatro animales, es posible asociar el promedio del consumo de tres a cuatro animales a alguna variable considerada el tratamiento. Por ejemplo: González-Pech *et al.* (2015) estudiaron el efecto de la especie animal (ovejas *versus* cabras) en el consumo en la selva baja caducifolia mediante la observación directa de tres ovejas y tres cabras dentro de un rebaño mixto (70 cabras y 30 ovejas).

En dicho estudio hallaron que a pesar de que ambas especies consumen especies de plantas similares, las ovejas consumieron categorías de bocados de menor tamaño y peso (g de materia seca) que las cabras. También encontraron que el consumo de los animales no está auto-correlacionado en el tiempo; es decir, cada observación efectuada, por ejemplo con dos semanas de diferencia, puede considerarse independiente. Lo anterior es importante porque con este método usando tres cabras dentro de un rebaño de aproximadamente 100 animales ha sido posible mostrar que el consumo no está limitado por la biomasa disponible, y que los animales ajustan la selección de las especies de plantas según la abundancia específica de cada sitio de pastoreo (Ventura-Cordero *et al.*, 2018a).

Por lo tanto, para implementar la observación visual de las categorías de bocados en un ambiente heterogéneo, se recomienda considerar al individuo como la unidad muestral o unidad de observación y utilizar tres a cuatro animales por tratamiento. Por supuesto que una muestra de mayor tamaño tendrá un valor estadístico más sólido.

Validaciones del método

Una de las primeras validaciones fue realizada en Francia por Meuret *et al.* (1985) al comparar los resultados de este método con los obtenidos mediante la técnica de marcador externo (óxido de cromo). En tal validación se utilizaron cabras lactantes de raza Alpina pastoreando agostaderos de Francia con presencia de especies leñosas arbustivas, y se obtuvieron consumos de 2.61 kg MS/animal/día con la observación directa y 2.16 kg MS/animal/día con el marcador, en ambos casos para cabras de aproximadamente 60 kg PV. Otras validaciones conciernen al muestreo de los bocados en la vegetación. Por otro lado, en Holanda, Wallis de Vries (1995) revisó al menos tres trabajos efectuados entre 1960 y 1974, y a su vez efectuó una segunda validación al refinar la técnica de muestreos simulados (*hand-plucking*) calibrando las categorías que el observador muestreó en la vegetación, mediante comparación con los bocados efectuados por novillas, pero recuperados mediante fistulas esofágicas. El tamaño de bocado resultó estrechamente correlacionado (R^2 de 77 a 80%) entre ambos métodos. Además, la estimación de la

calidad nutricional (contenido de nitrógeno y digestibilidad) de las partes de las plantas colectadas con el muestreo *hand-plucking*, no mostró sesgos significativos comparado con la fistula esofágica. Tal calibración puede considerarse la primera evolución o mejoría del método, ya que contribuyó a la aceptación de la metodología al demostrar que la simulación manual efectuada por humanos en la cosecha de las partes de las plantas definidas como bocados son estadísticamente similares en tamaño y calidad a los recuperados del esófago de los animales.

Posteriormente, Agreil y Meuret (2004) describen a detalle la categorización de bocados según su tamaño y forma, proponiendo una tabla con códigos para cada categoría de bocados para la vegetación heterogénea de Francia. Con dicha tabla implementaron la observación directa comparando el consumo de ovejas no gestantes con la de cabras lactantes. Sus resultados fueron coherentes conforme a lo esperado, un consumo similar entre las ovejas no gestantes (75.1 gMS/ kg PV^{0.75}) pero mayor en cabras lactantes (125.8 gMS/ kg PV^{0.75}). Se debe resaltar que la tabla de categorías de bocados aumentó la precisión en el consumo estimado. El trabajo de estos autores puede considerarse otra mejora o evolución del método al estratificar de manera más detallada la forma en que se clasifican los bocados de acuerdo a su tamaño y forma, además de otorgarles un código específico; también es de los primeros trabajos en observar a un mismo animal de manera continua durante todo el horario de pastoreo, por lo que pusieron énfasis en la habituación o familiarización de los animales a observar.

Estos autores demostraron que con este método la conducta de los animales observados fue similar a la del resto del rebaño, lo cual soporta la validez y extrapolación de los resultados del consumo voluntario, contribuyendo a generar consenso sobre la validez de los resultados entre los investigadores no habituados a los métodos utilizados en los estudios de conducta animal.

Aún con el avance en la metodología implementada por Agreil y Meuret (2004), algunos trabajos aún cuestionaban si las categorías de bocados observados y muestreados por varios observadores pudieran dar lugar a variaciones en los consumos estimados. Tal cuestión quedó resuelta por Bonnet *et al.* (2011) quienes estudiaron a profundidad la repetibilidad y precisión del consumo estimado entre varios observadores. Estos autores utilizaron novillos en pastoreo de la Pampa nativa del sur de Brasil. Entre sus resultados más sobresalientes figuran: i) mínimo sesgo en la estimación del peso del bocado con la técnica de *hand-plucking* cuando la simulación se efectúa por varias personas, ii) la exactitud de la estimación del consumo de materia seca entre observadores fue de 95%, iii) la identidad del observador y de la especie animal no afectan la precisión de la estimación del consumo. Por otra parte, las categorías de bocados son susceptibles de ser agrupadas de acuerdo a la forma de las plantas, dicha variación metodológica (González-Pech *et al.*, 2018b) dependerá de las necesidades específicas de cada investigación o trabajo.

Más recientemente, otra mejora en la metodología concierne al proceso de habituación de los animales a observar. El manejo, así como la exposición gradual y creciente de los observadores a los animales, para que puedan ser observados de manera continua durante el pastoreo sin afectar su conducta habitual de consumo fue protocolizado (González-Pech

et al., 2108a). Con dicho protocolo, los investigadores no familiarizados con los trabajos de conducta cuentan con una guía para interactuar con el animal sin estresarlo y asegurar con datos medidos cuantitativamente que el animal está respondiendo positivamente a la habituación. Una habituación correcta de los animales es crucial, pues asegura que la estimación del consumo no estará sesgada por efecto del observador.

Ventajas o fortalezas del método

Con el método de observación directa, además de medir el consumo, es posible obtener con detalle considerable información sobre la cantidad y la calidad de cada parte de cada especie de planta consumida, que es obtenida por el rumiante para conformar su ración diaria y considera la diversidad de la ración que los propios animales se proveen durante el pastoreo. Esto podría ayudar a identificar los factores que motivan al animal a ingerir dicha ración. A continuación, se enlistan, de manera breve, algunas fortalezas del método.

Comparación metodológica

Comparado con otros métodos como los marcadores (externos o internos), la citología vegetal, las fístulas esofágicas, el registro del sonido de los mordiscos o la inspección del contenido ruminal, su costo es menor. Esto es así porque el método de observación directa no requiere de equipo o insumos de laboratorio costosos para su implementación. Básicamente, se necesitan prensas para coleccionar muestras botánicas, grabadoras digitales de voz para que los observadores dicten en tiempo real las categorías de bocados que los animales ejecutan durante el pastoreo, bolsas de papel y cuchillos para muestrear las categorías de bocados con la técnica de *hand-plucking*, báscula analítica para pesar las partes de plantas con pesos entre 0.001 a 10 gramos, computadora personal con hoja de cálculo básica.

Es respetuoso del bienestar animal

Algunas metodologías imponen diferentes grados de incomodidad o dolor para su implementación (fístula esofágica, ruminal, arneses, entre otras). Con la observación directa no se tocan a los animales. La tabla de categorías de bocados posibilita identificar y contabilizar cada bocado de manera visual sin necesidad de traumatizar al animal para estimar el tamaño y peso del bocado. No se necesita efectuar inyecciones ni cirugías, ni se afecta la integridad física o mental del animal. Tampoco la presencia de quien observa durante el pastoreo produce incomodidad (*discomfort*) en los animales, ya que se aplica una etapa de habituación entre animal(es) y quien lo observa. El procedimiento de habituación no implica ningún acto doloroso. Las maniobras a utilizar siempre dependerán de la respuesta del animal frente al estímulo, en este caso la presencia, voz y movimiento del observador u observadora, así como la distancia observador(a)-animal durante el pastoreo o dentro del corral (González-Pech *et al.*, 2018a).

La conducta no se modifica por efecto de ser observado

Una preocupación importante en los estudios de comportamiento es no modificar la conducta habitual del animal. Esta premisa puede comprometerse debido a la manipulación constante que requieren algunas metodologías (por ejemplo: cánulas esofágicas). La observación directa se limita a la apreciación de los bocados y los patrones conductuales de los rumiantes durante el pastoreo. Por ello es obligatorio incluir en su implementación un período de acostumbamiento o habituación para asegurar que la rutina del animal no se afecta, y que el observador no influenciará el consumo y selectividad durante el pastoreo. Lo anterior es posible confirmarlo mediante el registro de las conductas generales (pastoreo, desplazamiento, interacción social, descanso, rumia) de los animales observados y las conductas del resto del rebaño. Agreil y Meuret (2004) reportan alta correlación de 0.72 a 0.89 (R^2) entre ambos patrones de conducta, lo que sugiere que los observadores no afectan la conducta de los animales.

Uso en un amplio rango de ecosistemas y especies de rumiantes

Con la observación directa, las categorías de bocados permiten registrar el consumo de cualquier tipo de planta independientemente del ecosistema heterogéneo. Esta flexibilidad del método ha permitido, con más o menos adaptaciones, su utilización en bovinos en agostaderos dominados por gramíneas nativas y arbustivas del noreste de Colorado, Estados Unidos (Reppert, 1960); en cabras del semiárido hindú con dominancia de pastos nativos y arbustivas espinosas (Solanki, 1994); en cabras en el semiárido tipo matorral espinoso tamaulipeco (México) (Vázquez-Martínez *et al.*, 2023) y en vegetación nativa del noreste brasileño (Barros-Brito *et al.*, 2021); en ovejas pastoreando de agostaderos arbustivos en los Pirineos franceses (Pontes *et al.*, 2010); en ovejas en bosque mediterráneo (pinos, arbustivas y pasto nativo) en la región Drôme de Francia (Agreil y Meuret, 2004); también en bosque mediterráneo pero del sureste de Marruecos en cabras (Chebli *et al.*, 2020) o en bosque de pinos en el suroeste de España también con cabras (Mancilla-Leyton *et al.*, 2012). En el trópico de México ha sido utilizado en el trópico subhúmedo (Yucatán) en ovejas (Jaimez-Rodríguez *et al.*, 2019) y cabras (Novelo-Chi *et al.*, 2019; Ventura-Cordero *et al.*, 2019).

Es cuantitativo y detallado

Al analizar la información adicionando a cada categoría de bocado su respectivo peso, se obtiene el consumo voluntario cuantitativo, es decir, los gramos de materia seca consumidos por el animal; pero también es posible identificar los gramos en que contribuye a la dieta cada especie de planta, cada parte de la planta (hojas, ramas, flores, frutos, vainas) y cada tipo de categoría de bocado. En consecuencia, el método aporta alto nivel de detalle en la cuantificación (g MS) de la diversidad de la dieta del rumiante, lo que es difícil de conseguir con algún otro método. La información que se obtiene es similar a la de una receta de cocina en donde se especifica cuántos gramos de cada ingrediente conforman el platillo, incluyendo los ingredientes con las cantidades más grandes, así como aquellos que sólo representan cantidades pequeñas tipo *pizzas*. Es igualmente relevante

señalar como fortaleza del método que revela fielmente la expresión de la libre elección del animal y la diversidad de su dieta.

Permite comparar el consumo en estaciones del año o en toda la temporada de pastoreo

A lo largo del año, las variaciones climáticas estacionales acarrear fluctuaciones tanto en la biomasa como en la estructura de la cobertura vegetal y de la relación hoja: tallo. Además, el contenido nutrimental y químico de las plantas también presenta oscilaciones (Foroughbakhch *et al.*, 2013, Mandujano *et al.*, 2019). Todo esto puede influir en el consumo de los animales. Por ejemplo, en la selva baja caducifolia, el total de especies de plantas que conforman el 90% del consumo cambia de siete especies en secas (González-Pech *et al.*, 2015) a 15 especies en lluvias (Ventura-Cordero *et al.*, 2019). El método permite tomar en cuenta las variaciones en la preferencia debidas al estado fenológico de las plantas y la estacionalidad del año de cualquier medio heterogéneo (Agreil y Meuret, 2004; González-Pech *et al.*, 2014), así como también la altura con respecto al suelo en que el animal toma el bocado, por ejemplo el reporte de Jaimez-Rodríguez *et al.* (2019) donde observaron en corderos un menor consumo de materia seca proveniente de bocados efectuados en el estrato bajo (<25 cm) comparado con cabritos. La variedad de factores que afectan el consumo que son posibles de abordar con la observación visual de las categorías de bocados se debe a que además de las especies de plantas, considera la arquitectura y estructura de éstas y de las partes de las plantas removidas por el animal.

Considera la capacidad de los animales a seleccionar especies según sus hábitos alimenticios

Un buen ejemplo es el trabajo de Animut y Goetsch (2008) quienes revisan trabajos de copastoreo de cabras y ovejas, ambos rumiantes intermediarios, pero con hábitos de selección diferentes, entre los cuales la observación directa de las categorías de bocados aporta información valiosa sobre la cantidad ingerida de gramíneas y arbustivas. Estos autores concluyen que el copastoreo de ambas especies en el mismo espacio puede servir para aumentar la producción animal por superficie, puesto que ovejas y cabras seleccionan especies de plantas y partes de plantas diferentes, dicha ventaja sería mayor en vegetación con gran diversidad, donde el traslape de especies y partes de plantas consumidas es menor. Aun cuando el traslape en el número de especies de plantas consumidas puede ser elevado (90% o más) como en la selva baja caducifolia donde ovejas de raza Pelibuey y cabras de raza Criolla pastorean juntas, las diferencias cuantitativas por el mayor consumo de pasto y menor consumo de arbustivas de las ovejas resultan en su menor ingesta de proteína y taninos condensados (Ventura-Cordero *et al.* 2019).

Posibilita identificar recursos claves y no convencionales para la alimentación animal

En vegetación heterogénea, además del follaje (hojas), otras estructuras como frutos, vainas, flores, e inclusive la hojarasca que recubre los suelos de los bosques y selvas y frutos

caídos al suelo también son consumidas; por ejemplo, Hernández *et al.* (2013) describen en cabras la ingestión de hojas, flores y frutos inmaduros, seguido de las vainas (más de 200 bocados). Los ovinos, por su parte, también consumen frutos y vainas caídos al suelo (González-Pech *et al.*, 2015). El método de observación directa permite analizar la relevancia de cada estructura o planta para el consumo diario del rebaño. Por ejemplo, durante la época de sequía, las vainas de *Vachellia pennatula* aportan casi el 50% de la ingesta total de las ovejas que pastorean en la selva baja caducifolia, por lo que en dicho ecosistema es un recurso clave para la alimentación de los ovinos.

También, con este método es posible identificar la automedicación o zoofarmacognosia, fenómeno reportado consistentemente en rumiantes que pueden expresar su conducta de selección (Hutchings *et al.*, 2003, Gaudin *et al.*, 2019). En dicho fenómeno, el animal mediante su conducta de ingestión incluye elementos que contribuyen a recuperar (automedicación curativa) o mantener (automedicación preventiva) su homeostasis (Amit *et al.*, 2013; Villalba *et al.*, 2014; 2016); por ejemplo, Novelo-Chí *et al.* (2019) utilizó el método de observación de las categorías de bocados, en cabras criollas sanas (sin anemia) pero con infección moderada de 500 huevos por gramo de heces (HPG) de nemátodos gastrointestinales al inicio de la época de lluvias. Tras cuatro meses de seguimiento se encontró que las cabras consumieron hasta 30.8 g de taninos condensados (TC) provenientes de varias plantas como *Gymnopodium floribundum*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa bahamensis*, *Neomillspaughia emarginata*. Aunque no se encontró supresión total de la infección por efecto del consumo de taninos, el nivel de la infección al final de los cuatros meses fue de 300 HPG, por lo que se consideró que el consumo de TC contribuyó a mantener controlada la infección, es decir, expresaron automedicación preventiva.

Permite identificar nutrientes necesarios para ser suplementados

Con la observación directa es posible identificar que tanto cabras como ovejas en pastoreo (4 horas/día) de selva baja caducifolia no cubren su requerimiento de materia seca, lo que acontece tanto en época de seca (González-Pech *et al.*, 2015) como en lluvias (Ventura-Cordero *et al.*, 2019). Pero aún más importante, en ambas épocas el consumo resulta en un exceso de proteína de hasta 140% del requerimiento y un déficit en energía asociado a la gran cantidad de especies con alto contenido de proteína presentes en este ecosistema. Por lo tanto, en tal ecosistema es indispensable ofrecer en ambas épocas (seca y lluviosa) un suplemento energético (no proteico). La suplementación de naturaleza energética de ovinos y caprinos ramoneando la selva baja caducifolia de México tiene un efecto positivo en la nutrición y salud de pequeños rumiantes (Retama-Flores *et al.*, 2012; Gárate-Gallardo *et al.*, 2015). Con la suplementación energética, los ovinos y caprinos podrían aprovechar mejor las plantas con contenidos de proteína cruda entre 10 a 30% (González-Pech *et al.*, 2015) y taninos condensados de hasta 37.5% (Ventura-Cordero *et al.*, 2019) presentes en la selva baja caducifolia. Ello debido a que cabras y ovejas habituadas al pastoreo de vegetación diversa tienen la capacidad de consumir plantas con contenido de taninos condensados que contribuyen a secuestrar proteína del rumen, lo que sería útil en casos de exceso de consumo de proteína; además, la diversidad de la ra-

ción ingerida evita saturar las vías de detoxificación de compuestos secundarios presentes en especies de plantas arbustivas (Villalba *et al.*, 2014; 2016), también la presencia de proteínas bloqueadoras de taninos en la saliva permiten evitar un exceso de dichos compuestos (Ventura-Cordero *et al.* 2017).

Desventajas o limitantes del método

La observación visual de las categorías de bocados es un método de investigación que permite estimar el consumo de rumiantes en pastoreo de agostaderos. Al abordar sus limitantes, es preciso considerar que el método no fue desarrollado como herramienta para un uso diferente a la misma. Se trata de un conjunto de técnicas (categorización de los bocados con las tablas, muestreo del peso del bocado con la técnica del pinzamiento manual o *hand plucking*, habituación de los animales a los observadores u observadoras, observación de las categorías de bocados consumidos por el animal durante el pastoreo/ramoneo) que en su conjunto conforman la metodología. Dicho conjunto permite obtener el consumo (gMS) voluntario y cuantos gMS obtiene el animal de cada especie de planta y de cuáles partes de las plantas; sin embargo, su implementación para cualquier grupo de investigación plantea algunas limitantes, descritas a continuación.

Es un método interdisciplinario

Para implementar esta metodología, quien investiga deberá familiarizarse principalmente con conocimientos de botánica, ecología, nutrición y etología, disciplinas que en los programas de posgrado (maestría o doctorado) por la misma naturaleza de los estudios superiores se imparten de manera especializada, como disciplinas separadas. Por lo tanto, para su implementación requiere de la colaboración de personas expertas en dichas disciplinas, pero con habilidad para trabajar en equipos interdisciplinarios.

Es un método laborioso

La cantidad de tiempo invertido en la implementación es considerable y variable. Algunas etapas como la identificación y aprendizaje de las especies de plantas dependerán del conocimiento previo que se tenga del tipo de vegetación a utilizar. El muestreo para estimar los pesos de las categorías de bocados en las especies de plantas identificadas como consumidas también es laborioso, pues requiere acudir al sitio de estudio, coleccionar y pesar en fresco las muestras simuladas, secar en estufa y pesar de nuevo para determinar los gMS de las categorías de bocado para cada especie de planta consumida. El proceso de habituación depende de los animales y puede variar, por ejemplo, según Agreil y Meuret (2004) de cinco a 45 días. También existe la posibilidad que algunos rebaños o animales no logren habituarse.

La observación continua de las categorías de bocados efectuados por un rumiante es una actividad físicamente demandante

Por ejemplo, una oveja y una cabra pueden efectuar una media de 2 854 y 3 634 bocados (González-Pech *et al.* 2015) durante cuatro horas de pastoreo en la selva baja caducifolia

al recorrer de 8 a 12 kilómetros en su circuito de pastoreo. Ello implica que el observador permaneció a menos de un metro de distancia observando y dictando las especies de plantas y sus respectivas categorías de plantas en cada bocado efectuado por el animal durante el recorrido de pastoreo. Dicha actividad de observación, efectuada bajo condiciones tropicales o de clima templado, puede ser extenuante y limita que la metodología sea utilizada con mayor frecuencia en las investigaciones.

Se requiere al menos un observador por cada tres animales en el estudio

Esta es una estrategia para observar mayor número de animales con el menor número de observadores. Consiste en que la misma persona observa a tres animales durante tres días consecutivos, pero cada animal en un turno diferente cada día, las observaciones permitirán contar con el equivalente al consumo voluntario de un día de pastoreo para cada animal (Ventura-Cordero *et al.*, 2019). Sin embargo, en un experimento hipotético con seis tratamientos donde se requiriesen 24 animales (seis grupos experimentales de cuatro animales), se necesitaría de ocho personas capacitadas observando; por lo tanto, la cantidad requerida para implementar el método puede ser una limitante.

Es un método poco conocido y pocos centros de investigación o universidades pueden ofrecer capacitación sobre dicha metodología

Es poco conocida, ya que en general la cantidad de investigación y trabajos publicados sobre los recursos forrajeros para rumiantes en agostaderos es mínima si se compara con la investigación efectuada sobre alimentos agro-industriales y praderas de gramíneas homogéneas. Por lo tanto, si bien los protocolos y la información publicada disponible son buenas, la implementación práctica requiere de capacitación en la identificación de las categorías de bocados, la técnica de muestreo de simulación de los bocados (*hand-plucking*) y la habituación de los animales. Hasta donde tienen conocimiento las autoras y autores del presente trabajo, no existe ningún grupo científico o de investigación que ofrezca capacitación de esta metodología o técnicas afines con fines prácticos, sólo relacionados a la investigación.

Conclusión

El método de observación directa de las categorías de bocados es un conjunto de técnicas que son validadas y refinadas durante más de 50 años de investigación. Implementado con sus debidas precauciones, el método permite estudiar el consumo de rumiantes en pastoreo en gran diversidad de ecosistemas con vegetación heterogénea de manera confiable y con gran cantidad de detalle en los resultados obtenidos. Puede considerarse un método vigente pero laborioso en su implementación, aplicable si se dispone del recurso humano capacitado.

Conflicto de interés

Quienes firman la autoría, declaran no tener conflicto de interés en la investigación aquí descrita.

Financiación

La presente investigación fue financiada en parte por el Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) de México, N.º. Ref. 1195234.

Contribuciones de las y los autores

Y.E.V.M. escribió el borrador original y recopiló información bibliográfica, C.C.Z.C. procuró la financiación y administración del proyecto, R.Á.C. efectuó búsquedas bibliográficas, escribió parte del borrador original, J.F. de J.T.A. procuró la financiación y administración del proyecto, C.A.S.C. procuró la financiación y administración del proyecto, P.G.G.P. escribió parte del borrador original y revisión de literatura. El total de participantes revisaron, aportaron argumentos y editaron el manuscrito; así como también han leído y acordado la versión del manuscrito a ser publicado.

Literatura citada

- Agriel, C. y Meuret, M. (2004). An improved method for quantifying intake rate and ingestive behaviour of ruminants in diverse and variable habitats using direct observations. *Small Rumin. Res.* 54(1-2): 99-113. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.10.013>
- Amit, M.; Cohen, I.; Marcovis, A.; Muklada, H.; Glasser, T.A.; Ungar, E.D. y Landau, S.Y. (2013). Selfmedication with tannin-rich browse in goats infected with gastro-intestinal nematodes. *Vet. Par.* 198(3-4): 305-311. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.09.019>
- Animut, G.; Goetsch, A.L.; Aiken, G.E.; Puchala, R.; Detweiler, G.; Krehbiel, C.R.; Merkel, R.C.; Sahlu, T.; Dawson, L.J.; Johnson, Z.B. y Gipson, T.A. (2005). Grazing behavior and energy expenditure by sheep and goats co-grazing grass/forb pastures at three stocking rates. *Small Rumin. Res.* 59(2-3): 191-201. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.014>
- Animut, G. and Goetsch A.L. (2008). Co-grazing of sheep and goats: Benefits and constraints. *Small Rumin. Res.* 77(1): 127-145. doi:10.1016/j.smallrumres.2008.03.012
- Barros-Brito, D.R.; González Pech, P.G.; Costa Júnior, L.M.; Torres Acosta, J.F.J.; de Almeida Júnior, E.B.; Vale Silva, E.C.; Pires Filho, P.C.S.; Furtado Pereira, L.; Macêdo Reis, V.C.; de Sousa Silva, J.R.; Maia de Azevedo, M.C. y Barros Ribero, R.S. (2021). Avaliação da infectividade por nematóides gastrintestinais de caprinos em pastagem nativa em P.H. Abreu Moura (eds). Responsabilidade social, produção e meio ambiente nas ciências agrárias 2, Atena Editora, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Pp. 217-228.
- Bonnet, O.; Hagenah, N.; Hebbelmann, L.; Meuret, M. y Shrader, A.M. (2011). Is hand plucking an accurate method of estimating bite mass and instantaneous intake of grazing herbivores? *Rang. Ecol. and Manag.* 64(4): 366-374. <https://doi.org/10.2111/REM-D-10-00186.1>
- Bonnet, O.J.F.; Meuret, M.; Tischler, M.R.; Cezimbra, I.M.; Azambuja, J.C.R. y Carvalho, P.C.F. (2015). Continuous bite monitoring: a method to assess the foraging dynamics of herbivores in natural grazing conditions. *Anim. Prod. Sci.* 55(3): 339-349. <https://doi.org/10.1071/AN14540>
- Chebli, Y.; El Otmani, S.; Chentouf, M.; Hornick, J.L.; Bindelle, J. y Cabraux, J.F. (2020). Foraging behavior of goats browsing in Southern Mediterranean Forest Rangeland. *Animals*, 10: 196, doi:10.3390/ani10020196

- Chen, Y.; Luo, H.; Liu, X.; Wang, Z.; Zhang, Y.; Liu, K.; Jiao, L.; Chang, Y. y Zuo, Z. (2013). Effect of restricted grazing time on the foraging behavior and movement of Tan sheep grazed on desert steppe. *Asian-Austral. J. of Anim. Sci.* 26(5): 711-715. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12556>
- Egea, A.V.; Allegretti, L.; Paez Lama, S.; Grilli, D.; Sartor, C.; Fucili, M.; Guevara, J.C. y Passera, C. (2014). Selective behavior of Creole goats in response to the functional heterogeneity of native forage species in the central Monte desert, Argentina. *Small Rumin. Res.* 120(1): 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.04.005>
- El Aich, A.; El Assouli, N.; Fathi, A.; Morand-Fehr, P. y Bourbouze, A. (2007). Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (*Argania spinosa*) forest of Morocco. *Small Rumin. Res.* 70(2-3): 248-256. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.03.011>
- Foroughbakhch, R.; Hernández-Piñero, J.L.; Carrillo-Parra, A. y Rocha-Estrada, A. (2013). Composition and animal preference for plants used for goat feeding in semiarid Northeastern Mexico. *The J. of Anim. & Plant Sci.* 23(4): 1034-1040.
- Gárate-Gallardo, L.; Torres-Acosta, J.F.J.; Aguilar-Caballero, A.J.; Sandoval-Castro, C.A.; Cámara-Sarmiento, R. y Canul-Ku, H.L. (2015). Comparing different maize supplementation strategies to improve resilience and resistance against gastrointestinal nematode infections in browsing goats. *Parasite*, 22(19). <https://doi.org/10.1051/parasite/2015019>
- Gaudin, E.; Costes-Thiré, M.; Villalba, J.J.; Hoste, H.; Gerfault, V. y Ginane, C. (2019). Relative abilities of young sheep and goats to self-medicate with tannin-rich sainfoin when infected with gastrointestinal nematodes. *animal*, 13(7): 1498-1507
doi:10.1017/S175173111800304X
- González-Pech, P.G.; Torres-Acosta, J.F.J. y Sandoval-Castro, C.A. (2014). Adapting a bite coding grid for small ruminant browsing a deciduous tropical forest. *Trop. and Subtrop. Agroec.* 17(1): 63-70. DOI:<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1965>
- González-Pech, P.G.; Torres-Acosta, J.F.J.; Sandoval-Castro, C.A. y Tun-Garrido, J. (2015). Feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed differently. *Small Rumin. Res.* 133(1): 128-134.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.08.020>
- González-Pech, P.G.; Marín-Tun, C.G.; Valladares-González, D.A.; Ventura-Cordero, J.; Ortíz-Ocampo, G.I.; Cámara-Sarmiento, R.; Sandoval-Castro, C.A. y Torres-Acosta, J.F.J. (2018a). A protocol of human animal interaction to habituate young sheep and goats for behavioural studies. *Behav. Proc.* 157(1): 632-637.
<https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.04.007>
- González-Pech, P.G.; Torres-Acosta, J.F.J. y Sandoval-Castro, C.A. (2018b). Simpler intake estimation using direct observation in small ruminants: grouping bites by plant structure and morphology. *BMC Res. Notes.* 11:(artículo 453). <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3570-8>
- González-Pech, P.G.; Ventura-Cordero, J.; Torres-Fajardo, R.A.; Jaimez-Rodríguez, P.R.; Torres-Acosta, J.F.J. y Sandoval-Castro, C.A. (2021). Comparing the browsing behavior of inexperienced kids versus adult goats in heterogeneous vegetation. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 236(1): 105240 <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2021.105240>
- Hancock, J. (1958). The conversion of pasture to milk: the effect of stocking rate and concentrate feeding. *The J. of Agric. Sci.* 50(3): 284-296. doi:10.1017/s0021859600031488
- Hernández, J.E.H.; Ronquillo, J.C.C.; Luna, L.C.; Espino-Barros, O.V.; Hernández, D.G. y Olivera, R.M.P. (2013). Partes de plantas leñosas consumidas por cabras. *Rev. de Produc. Anim.* 25(1): 16-19.
- Hutchings, M.R.; Athanasiadou, S.; Kyriazakis, I.J. y Gordon, I. 2003. Can animals use foraging behaviour to combat parasites? In: *Proc. of the Nutr. Soc.* 62(2): 361-370. doi:10.1079/PNS2003243
- Jaimez-Rodríguez, P.; González-Pech, P.G.; Ventura-Cordero, J.; Brito, D.; Costa-Junior, L.; Sandoval-Castro, C.A. y Torres-Acosta, J.F.J. (2019). The worm burden of tracer kids and lambs browsing heterogeneous vegetation is influenced by strata harvested and not total dry matter intake or plant life form. *Trop. Anim. Health and Prod.* 51(8): 2243-2251. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01928-9>

- Krishnaraj, A.; Lee, J.K.T.; Laws, S.A. y Crawford, T.J. (2010). Voice recognition software: effect on radiology report turnaround time at an academic medical center. *Am. J. of Roentgen.* 195(1): 194-197 <https://doi.org/10.2214/AJR.09.3169>
- Linehan, P.A.; Lowe, J. y Steward, R.H. (1947). The output of pasture and its measurements: part 2. *J. of the Brit. Grassland Soc.* 2(1): 145-168.
- Macilla-Leyton, J.M.; Parejo Farnés, C. y Martín Vicente, A. (2012). Selection of browse species and energy balance of goats grazing on forest understory vegetation in Doñana Natural Park (SW Spain). *Livest. Sci.* 148(3): 237 – 242. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.06.012>
- Mandujano, S.; Barrera-Salazar, A. y Vergara-Castrejón, A. (2019). Similarity in plant species consumed by goat flocks in the tropical dry forest of the Cañada, Oaxaca. *Rev. Mex. De Cienc. Pec.* 10(1): 490–505. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4370>
- Meuret M.; Bartiaux-Thill, N. y Bourbouze, A. (1985). Evaluation de la consommation d'un troupeau de chèvres laitières sur parcours forestier. *Ann. de Zootech.* 34(1): 159-180. <https://hal.science/hal-00888365/file/hal-00888365>
- Novelo-Chi, L.K.; González-Pech, P.G.; Ventura-Cordero, J.; Torres-Acosta, J.F.J.; Sandoval-Castro, C.A. y Cámara-Sarmiento, R. (2019). Gastrointestinal nematode infection and feeding behavior of goats in a heterogeneous vegetation: No evidence of therapeutic self-medication. *Behav. Proc.* 162(1): 7-13. <https://doi.org/10.1016/j.beproc.2019.01.006>
- Neff, D.J. (1974). Forage preference of trained mule deer on the Beavercreek watersheds. *Arizona Game and Fish Depart. Spec. Rep.* 4(1): 1-61
- Otoni, E.B. (1997). EthoLog. Behavioral observation transcription tool. <https://www.ip.usp.br/etholog/ethohome.html>
- Parsons, A.J.; Newman, J.A.; Penning, P.D.; Harvey, A. y Orr, R.J. (1994). Diet preference of sheep: Effects of recent diet, physiological state and species abundance. *The J. of Anim. Ecol.* 63(2): 465. <https://doi.org/10.2307/5563>
- Penning, P.D.; Parsons, A.J.; Newman, J.A.; Orr, R.J. y Harvey, A. (1993). The effects of group size on grazing time in sheep. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37(2): 101-109. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(93\)90103-V](https://doi.org/10.1016/0168-1591(93)90103-V)
- Pontes, L. da S.; Agreil, C.; Magda, D.; Gleizes, B. y Fritz, H. (2010). Feeding behaviour of sheep on shrubs in response to contrasting herbaceous cover in rangelands dominated by *Cytisus scoparius* L. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 124(1-2): 35-44. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2010.02.002>
- Reppert, J.N. (1960). Forage preferences and grazing habits of cattle at the Eastern Colorado Range Station. *J. of Range Manag.* 13: 58-62.
- Retama-Flores, C.; Torres-Acosta, J.F.J.; Sandoval-Castro, C.A.; Aguilar-Caballero, A.J.; Cámara-Sarmiento, R. y Canul-Ku, H.L. (2012). Maize supplementation of Pelibuey sheep in a silvopastoral system: fodder selection, nutrient intake and resilience against gastrointestinal nematodes. *Animal.* 6(1): 145–153. doi: 10.1017/S1751731111001339
- Solanki, G.S. (1994). Feeding habitats and grazing behavior of goats in a semi-arid region of India. *Small Rumin. Res.* 14(1): 39-43. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(94\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0921-4488(94)90007-8)
- Takada, H.; Nakamura, K. y Minami, M. (2024). Diet selection of a solitary forest-dwelling ungulate, the Japanese serow (*Capricornis crispus*), in Cool Temperate Forest. *Mammal Study.* 49(2): doi 10.3106/ms2023-0035 (En prensa)
- T'Mannetje, L. (1978). Measuring quality of grass and vegetation and animal production. *Bulletin Commonwealth Agricultural Bureaux*, Hurley, Berkshire, England, 52: 63-95.
- Torres-Fajardo, R.A.; Navarro-Alberto, J.A.; Ventura-Cordero, J.; González-Pech, P.G.; Sandoval-Castro, C.A.; Chan-Pérez, J.I. y Torres-Acosta, J.F.J. (2019). Intake and selection of goats grazing heterogeneous vegetation: Intake and selection of goats grazing heterogeneous vegetation: Effect of gastrointestinal nematodes and condensed tannins. *Rang. Ecol. and Manag.* 72(6): 946-953 <https://doi.org/10.1016/j.rama.2019.08.002>
- Torres-Fajardo, R.; Ortiz-Domínguez, G.A.; Ávila-Cervantes, R.A.; Sandoval-Castro, C.A.; Ventura-Cordero, J.; Torres-Acosta, J.F.J. y González-Pech, P.G. (2022). Voluntary consumption of *Lantana*

- camara L. when browsing the heterogeneous vegetation of tropical forests: a goats' perspective. *J. of Arid Environ.* 202: 104758, <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104758>
- Torres-Fajardo, R.; Ortíz-Domínguez, G.A.; González-Pech, P.G.; Sandoval-Castro, C.A. y Torres-Acosta, J.F.J. 2024. The complexity of goats' feeding behaviour: an overview of the research in the tropical low deciduous forest. *Small Rumin. Res.* 231(1): 107199 <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2024.107199>
- Vázquez-Martínez, Y.E.; Zapata-Campos, C.C.; González-Pech, P.; Mora-Olivo, A. y Torres-Acosta, J.F.J. (2023). Calibración de una tabla de categorías de bocados del matorral xerófilo: estudio preliminar. En: Memorias congreso Internacional de Ciencias Veterinarias y Producción Animal. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Cd. Victoria Tamaulipas, 16-20 octubre de 2023. Memorias en prensa.
- Ventura-Cordero, J.; Sandoval-Castro, C.A.; Torres-Acosta, J.F.J. y Capetillo-Leal, C.M. (2017). Do goats have a salivary constitutive response to tannins? *J. of App. Anim. Res.* 45(1): 29-34 <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1102728>
- Ventura-Cordero, J.; González-Pech, P.G.; Sandoval-Castro, C.A.; Torres-Acosta, J.F.J. y Tun-Garrido, J. (2018a). Feed resource selection by Criollo goats browsing a tropical deciduous forest. *Anim. Prod. Sci.* 58(12): 2314-2320. <https://doi.org/10.1071/AN16388>
- Ventura-Cordero, J.; González-Pech, P.G.; Jaimez-Rodríguez, P.R.; Ortíz-Ocampo, G.I.; Sandoval-Castro, C.A. y Torres-Acosta, J.F.J. (2018b). Feed resource selection of Criollo goats artificially infected with *Haemonchus contortus*: nutritional wisdom and prophylactic self-medication. *Animal.* 12(6): 1269-1276. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002634>
- Ventura-Cordero, J.; González-Pech, P.G.; Torres-Acosta, J.F.J.; Sandoval-Castro, C.A. y Tun-Garrido J. (2019). Sheep and goat browsing a tropical deciduous forest during the rainy season: why does similar plant species consumption results in different nutrient intake? *Anim. Prod. Sci.* 59(1): 66-72 <https://doi.org/10.1071/AN16512>
- Villalba, J.J.; Miller, J.; Ungar, E.D.; Landau, S.Y. y Glendinning, J. 2014. Ruminant self-medication against gastrointestinal nematodes: evidence, mechanism, and origins. *Parasite.* 21(1): 21-31 doi:10.1051/parasite/2014032
- Villalba, J.J.; Costes-Thiré, M. y Gigane, C. 2016. Phytochemicals in animal health: diet selection and trade-offs between costs and benefits. In: *Proc. of the Nutrit. Soc.* 1-9 doi:10.1017/S0029665116000719
- Wallis de Vries, M.F. (1995). Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. *J. of Range Manag.* 48(4): 370-375.
- Yiakoulaki, M.D. y Papanastis, V.P. (2009). Intake of forage by sheep and goats grazed on wooded rangelands of deciduous oak and beech trees in northern Greece. *Grassland Sci. in Europe.* 16(1): 368-370