



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Carrera de Ciencias Biológicas

Tesina de Grado para optar por el título de Bióloga

Caracterización de la acumulación y comercio de guano caprino en sistemas productivos del Chaco Árido de Córdoba

Tesista: Victoria Carballo

Firma:

Director/a: Lucas Enrico

Firma:

Cátedra de Biogeografía (FCEFyN)

IMBIV (CONICET-UNC)

Marzo 2022

Tesina de Grado para optar por el título de Bióloga

Caracterización de la acumulación y comercio de guano caprino en sistemas productivos del Chaco Árido de Córdoba

Alumna: Victoria Carballo

Director: Lucas Enrico

Tribunal Examinador

- Nombre y Apellido: Firma:
- Nombre y Apellido: Firma:
- Nombre y Apellido: Firma:
- Calificación:
- Fecha:

Agradecimientos

A mi familia, por ser el apoyo y compañía omnipresente durante este largo camino que fue la carrera, y en cada uno de mis días

A mis amigas, hermanas de la vida, que me acompañan desde siempre, y me escucharon y contuvieron en cada crisis que surgió en el desafío de recibirme

A mis compas de este camino hermoso que es transformarse en Biólogxs, por ser personas tan inspiradoras y amorosas que convirtieron cada año de cursada en hermosos recuerdos, aprendizajes y crecimiento.

A mis profes que dejaron huella en mi recorrido, con su enseñanza, su creatividad y su cariño. Entre ellxs, Lucas y Nati, ma-padres académicxs que no dudaron en ayudarme cuando la pandemia desbarató planes y tiempos, y nos dejó a muchxs sin rumbo.

A Lucas, por acompañarme como director en este proceso complejo que es construir y presentar una tesina de grado

A Juli, Mica y Mechi que nos acompañaron y ayudaron en los viajes de campo

A los productores y productoras que amablemente nos abrieron las puertas de su casa y nos compartieron sus experiencias y saberes

A César Gramaglia y Marcela Ledesma de INTA por compartirnos de su tiempo y de su información

A la UNC y a la educación pública y gratuita que me permitió estar acá hoy

Gracias

Índice

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
Sistemas Productivos del Chaco Árido	2
Ganadería Caprina	2
Guano Caprino.....	5
Composición Física y Nutricional del Estiércol	7
Usos del Guano.....	8
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Área de Estudio	11
Relevamiento Satelital de Corrales.....	13
Relevamiento a Campo.....	13
Entrevistas	14
Estimación del Volumen y Biomasa de Guano	14
Descripción Nutricional del Guano	15
Descripción de la Cadena de Comercialización de Guano.....	15
Estimación de los Volúmenes Netos de Nutrientes Potencialmente Exportados.....	16
RESULTADOS	17
Relevamiento Satelital de Corrales.....	17
Ajuste de Superficies	18
Relevamiento a Campo.....	18
Cuantificación de Volumen y Biomasa de Guano.....	20
Descripción Nutricional del Guano	20

Descripción de la Cadena de Comercialización de Guano.....	22
Estimación de los Volúmenes Netos de Nutrientes Potencialmente Exportados.....	24
DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIÓN.....	29
BIBLIOGRAFÍA.....	30
ANEXO 1.....	37
ANEXO 2.....	43

Resumen

En el Chaco Árido coexisten diversos sistemas productivos, entre los cuales se puede identificar un tipo social agrario que está ampliamente distribuido en la región: los pequeños productores. Dentro de éstos, un gran porcentaje logra su subsistencia mediante la actividad caprina, basada en un sistema extensivo donde los animales pastorean en predios de bosque nativo durante el día, y por la noche son confinados dentro de corrales. Parte de la biomasa vegetal consumida a través del forrajeo es incorporada y transformada en biomasa animal. Sin embargo, la mayoría de la biomasa vegetal ingerida y sus nutrientes son excretados, reincorporándose al ciclo local de materia y energía. El confinamiento nocturno del ganado caprino conlleva a que gran parte de las excretas (guano) se acumule en los corrales, concentrando los nutrientes en un solo sitio de la unidad productiva. En muchas ocasiones, este guano acumulado es comercializado y exportado fuera del predio. En este estudio se propuso caracterizar y describir la acumulación y el comercio de guano caprino en un área del Chaco Árido de la provincia de Córdoba. Para ello, se relevó la cantidad y superficie de los corrales de un área definida, se estimó la cantidad de guano acumulado por m² en cada uno y se midió la composición nutricional del mismo. Por medio de entrevistas a productores y otros actores clave, se describió la cadena de comercialización del guano caprino en la región. Finalmente, se estimaron los volúmenes netos de guano y nutrientes potencialmente exportados desde el ecosistema nativo hacia otros agroecosistemas productivos, y se discutieron las consecuencias asociadas y las posibles alternativas de acción, desde perspectivas interdisciplinarias que contemplan las dimensiones socioecológicas y socioeconómicas de la problemática, para así poder abarcar la complejidad propia de la situación en estudio.

Palabras Clave

Ganadería Caprina – Estiércol de cabra – Guano – Nutrientes – Chaco Árido

Introducción

La región del Chaco Árido posee gran parte de su economía basada en la actividad productiva ganadera y el aprovechamiento forestal. Las zonas áridas, en general, son ganaderas por tradición, predominando en ellas la cría de vacunos y rumiantes menores como cabras y ovejas, entre otros animales de granja como cerdos y gallinas (Karlin et al., 2013). La actividad ganadera se destaca como la actividad agropecuaria más rentable en las zonas áridas de Argentina, ya que la transformación de la fibra vegetal en carne a través del consumo de los rumiantes permite una producción independiente de grandes volúmenes de agua de riego. En la mayoría de los casos, el entorno en el que se desenvuelve la producción de las zonas áridas presenta dificultades y limitaciones socioeconómicas y ambientales, muchas de las cuales son compartidas entre diferentes regiones marginales del país (Flores et al., 2015; Ferro Moreno, 2015).

Sistemas Productivos del Chaco Árido

En el Chaco Árido coexisten diversos sistemas productivos, dentro de los cuales se pueden identificar dos tipos sociales agrarios: empresarios capitalistas y pequeños productores (Karlin et al., 2013). El primer tipo abarca un 10% del total, pero son quienes poseen el mayor porcentaje de la tierra, siendo los propietarios de más del 75% de la misma, superando las 1.000 ha por establecimiento agropecuario. Principalmente, se dedican a la producción ganadera y, en algunos casos, a la explotación forestal. En la mayoría de los casos, los dueños no residen en el establecimiento, sino que contratan “puesteros” (aproximadamente un puestero cada 3.000 has), lo cual no contribuye significativamente a la ocupación de mano obra regional, como tampoco los ingresos generados en el predio son invertidos en la región. Por otro lado, existe un 12% de la tierra con límites definidos que está en manos del 60% de los pequeños productores, con superficies generalmente menores a 400 has. También, existe un elevado porcentaje de establecimientos agropecuarios en predios sin límites definidos (Karlin et al., 2013). Éstos se dedican principalmente a la cría de ganado caprino y a la explotación forestal, complementando con la cría de animales de granja y, en algunos casos, con el cultivo para autoconsumo de maíz y zapallo en pequeñas chacras. Estos establecimientos son habitados por sus dueños y usan la mano de obra familiar para las tareas rurales. Este es el tipo de sistema productivo que permite el auto sostenimiento de la mayor parte de la población de la región, aunque actualmente también se suman ingresos económicos

extras y exógenos al sistema productivo como jubilaciones, pensiones o subsidios y los ingresos por trabajos asalariados. En las últimas décadas, se ha observado una fuerte concentración de las explotaciones dada por la desaparición creciente de los establecimientos de menos de 1.000 hectáreas (hasta un 51%) y un aumento de las unidades productivas más grandes (hasta un 84%). Asimismo, este último cambio refleja la ocurrencia de un proceso de “bovinización” de territorios históricamente abocados a la producción caprina (Silvetti, 2020).

Dentro del departamento de Pocho, al oeste de la provincia de Córdoba, el 46,19% de los establecimientos rurales categorizan como pequeños productores. Bajo esta definición se incluye a un conjunto heterogéneo de productores y sus familias que reúnen los siguientes requisitos: aportan el trabajo físico y la gestión productiva, e intervienen en forma directa en la producción, no contratan mano de obra permanente, y cuentan con limitaciones de tierra, capital y tecnología (Tsakoumagkos et al., 2000; Cáceres et al., 2015). En estos establecimientos, la producción caprina es la principal actividad económica, constituyéndose como el ingreso monetario principal del predio. Según datos del Censo Nacional Agropecuario realizado en 2002, sobre un total de 158 establecimientos agropecuarios de la zona de las pedanías Represa y Chancaní, el 83 % calificó como unidad de tipo campesino dedicada a la ganadería caprina, mientras que el 17 % restante representaban establecimientos capitalizados orientados a la cría de ganado bovino. A su vez, como en el resto de la región, la concentración de la tierra es alta: el 13.5 % de las explotaciones maneja 71.9 % de la superficie, mientras el restante 86.7 % de las explotaciones posee sólo 28.1 % de la superficie (Silvetti et al., 2012).

Los predios campesinos comprenden dos áreas bien diferenciadas: el “puesto”, que es donde se encuentran la vivienda de la familia y la infraestructura productiva básica para el manejo de la hacienda; y el área de pastoreo, cuya extensión es muy variable debido al sistema de aprovechamiento extensivo que generalmente excede a las hectáreas que los campesinos declaran en posesión en relevamientos oficiales (Silvetti et al., 2012). Las explotaciones generalmente presentan altas cargas ganaderas respecto a la capacidad de los predios, lo que disminuye su sostenibilidad en el tiempo (Karlin et al., 2013). Este exceso de carga se puede observar en predios que presentan un monte nativo degradado con evidencias de sobrepastoreo y con un bajo porcentaje de renovabilidad del monte, ya que los animales consumen los renovales de los árboles (Karlin et al., 2013; Tálamo et al., 2015).

La creciente concentración de la tierra y la reconfiguración territorial se acompaña con la pérdida de importantes servicios ecosistémicos en la región debido a la intensificación de las actividades de desmonte y la implantación de cultivos anuales para grano (Silvetti et al., 2018). Asimismo, en las tierras privadas destinadas a ganadería bovina que aún conservan monte nativo, muchas veces existe una limitación en el acceso de las cabras a los recursos forrajeros, ya que los campos se alambran de manera tal que no puedan ingresar a los predios. Es así como, en el último tiempo, las modalidades usuales de apropiación de los recursos por parte de los pequeños productores son amenazadas por los nuevos procesos que comienzan a delinearse en el territorio como lo es la competencia con la ganadería bovina (Silvetti, 2020). Como consecuencia de todo esto, se dificultan las posibilidades de los campesinos para acceder y apropiarse de los servicios forrajeros del territorio, erosionando las bases de su reproducción (Silvetti, 2020), generando una progresiva disminución en la calidad de vida de los productores de manera generalizada y una acentuada migración del campo a la ciudad (Araujo Filho et al., 2007 en Bocco et al., 2007).

Ganadería Caprina

En la provincia de Córdoba, la ganadería caprina se lleva a cabo desde los primeros asentamientos productivos, por lo cual se encuentra altamente arraigada en la cultura local y en las actividades económicas familiares. La capricultura como práctica social, presenta una relevancia que está dada por su permanencia en el tiempo y porque representa el capital de supervivencia principal de los campesinos (Silvetti, 2012). Esta actividad se extiende por todo el Norte y Oeste de la provincia, donde una gran cantidad de familias que viven en situación de alta vulnerabilidad, logran su subsistencia mediante esta actividad (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2011). El 85% de las explotaciones caprinas está en poder de pequeños productores, de escasos recursos económicos, cuya principal fuente de ingresos generalmente proviene del trabajo en la explotación (De Gea, 2004). La ganadería caprina se desarrolla en predios de hasta 500 has, con un promedio de superficie productiva de 361,39 has. Al igual que en el resto de la región, son unidades de producción pequeñas, con un promedio de 74 animales por establecimiento (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020). La producción apunta primeramente a la obtención del cabrito, seguido de la producción láctea, de fibras y cueros. Generalmente es una actividad con alta estacionalidad en la

producción, sobre todo en lo referente a la carne, ya que con las condiciones de manejo actuales ocurre solo un pico de faena entre los meses de noviembre y diciembre.

Dentro de los sistemas ganaderos, el manejo de los caprinos es realizado generalmente por mujeres y niños, a diferencia del ganado vacuno que es fundamentalmente realizado por los hombres (Karlin et al., 2013). El manejo de la majada depende de conocimientos adquiridos mediante la observación y experiencias propias o ajenas. A su vez, el tipo de manejo realizado está condicionado por la infraestructura (corrales y aguadas), la cual también depende del capital que invierte el productor, que proviene generalmente de la venta de cabritos (Karlin et al., 2020). Las cabras deben procurarse su alimentación del pastizal natural y del bosque nativo, ya que la suplementación generalmente es escasa (De Gea, 2005). El consumo forrajero de las cabras se constituye en un 30% de gramíneas y 70% de arbustos, de los cuales consumen los brotes tiernos y las hojas (Karlin et al., 2013). En menor medida, también consumen frutos de árboles y arbustos que se encuentran en el bosque nativo. Esta dieta les aporta proteínas, fibras e hidratos de carbono (Karlin et al., 2013). En algunas ocasiones, se suplementa con maíz para complementar los requerimientos alimenticios de los animales durante la época de parición invernal.

Los sistemas de producción caprina son extensivos, con pastoreo en campos naturales sin límites precisos y mayormente degradados, con escasez de agua de bebida y carencia de infraestructura de trabajo adecuada (De Gea, 2005, Gioffredo et al., 2010). Durante el día los animales pastorean libremente en el monte, bajo un sistema de pastoreo continuo (no se realiza una rotación para la recuperación del forraje); y por las noches permanecen encerrados dentro de corrales (De Gea, 2005; Sáenz García, 2007 en Arancibia Fredes, 2017). Este confinamiento nocturno conlleva a que dentro de los corrales se acumule progresivamente parte de sus excretas, también denominadas *guano*.

Guano caprino

El estiércol o guano de las cabras, que se acumula progresivamente en los corrales, es un ejemplo de los subproductos derivados de la producción caprina que pueden ser utilizados y vendidos como una alternativa de ingresos monetarios. El guano puede ser comercializado debido a su demanda como abono natural para sistemas frutihortícolas o vitivinícolas (principalmente de la región Cuyo) (Karlin et al., 2013; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2013). Se lo comercializa generalmente

para su uso en los viñedos como mejorador de los suelos para el cultivo de vid y, al año 2013, se registraba un precio final estimado de \$ 50,0-60,0 pesos la tonelada (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2013).

Para la recolección del guano se requieren camiones que acopian dicho producto y lo trasladan a las unidades productivas donde se utiliza como fertilizante. Para que esta recolección sea viable, es necesario que la deposición del estiércol esté concentrada en un mismo lugar, lo cual ocurre en las explotaciones caprinas donde se realiza el encierre nocturno de las majadas. El volumen de guano acumulado por año en un corral varía de acuerdo con el tamaño del hato, pero se estima a partir de datos de la provincia de San Juan que la producción de guano para una majada de 400 cabezas alcanza en promedio las 100 toneladas anuales (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2013). Otra estimación, en la provincia de Córdoba, propone que dependiendo del peso y de la edad del animal, la producción media anual por cabeza oscila alrededor de 60 kg de estiércol (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020). Estos datos reflejan la gran variabilidad que existe en la producción de guano por cabeza: 250 kg medidos en San Juan y 60 kg medidos en Córdoba.

Para la comercialización del guano es conveniente que el acceso a los lugares de acopio sea sencillo, dado el volumen y peso que debe ser trasladado en camiones. Un factor importante que determina la posibilidad de la comercialización es la cercanía a los lugares de aplicación como abono, ya que el coste de traslado define gran



Figura 1. Recolección de guano de un corral (reproducido de Karlin et al., 2013).

parte de la rentabilidad o no del recurso. Los esquemas de producción sin trashumancia, con encierre diario, de fácil acceso y cercanos a zonas agrícolas, serían los más adecuados para plantear un aprovechamiento de este subproducto (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020). Sin embargo, dada la dificultad de acceso a los establecimientos caprinos, el estiércol es un subproducto que generalmente no es aprovechado para la venta; en algunos casos es sólo parcialmente aprovechado por los propios establecimientos; y en muchos otros se lo retira sin dejar un rédito económico

significativo. Considerando que, en muchas ocasiones, las unidades de pequeños productores se encuentran en situaciones de alta vulnerabilidad económica, la venta de guano podría representar un ingreso anual interesante, cuya magnitud real estaría definida por los volúmenes y relación con los demás ingresos de la unidad productiva.

Composición física y nutricional del estiércol

A través del consumo por herbívoros, los nutrientes son removidos del sistema planta-suelo, y posteriormente, son reincorporados al suelo y al ciclo de nutrientes a través de las excretas (Sirotnak et al., 2000; Bardgett et al., 2003). Los distintos tipos de estiércol aportan diversos elementos minerales que se incorporan al suelo, participando del reciclado de los nutrientes. Los estiércoles de diferentes ganados (caprino, bovino, avícola) aportan elementos minerales en diferentes proporciones. Determinar las características físico-químicas de los estiércoles es complejo, ya que existe una alta variabilidad influida por la diversidad de características de las explotaciones como: el tipo de animal, técnicas de producción, dieta, condiciones ambientales, duración y condiciones del almacenado, etc. (Iglesias Martínez, 1994; Irañeta et al., 2007). Por otra parte, el estiércol puede ir perdiendo algunos de sus componentes y disminuyendo su disponibilidad de minerales debido a dos causas: el lixiviado por lluvias, que arrastrarían las sustancias solubles; y por la volatilización de la materia producida durante la fermentación. En este sentido, en muchas ocasiones el guano de cabra es preferido en comparación con el de otros animales de cría, tanto por su riqueza nutricional, como también por la compactación que sufre en el piso de corrales, ya que esto disminuye las pérdidas de nitrógeno por evaporación. (Maubecin, 1990 en Díaz, 2017).

A nivel general, el guano de cabra es clasificado como un abono nitro-potásico. Un estudio llevado a cabo en explotaciones caprinas de La Rioja, describe a los macronutrientes presentes en guano caprino en porcentajes estimados de 1,68% de N, 0,06% de P y 2,72% de K (Díaz et al., 2019). Igualmente, los autores informan que es un valor que puede expresar mucha variabilidad, ya que en otros trabajos -tanto locales como internacionales- se ha obtenido una composición diferente: 0,8% de N, 0,17% de P y 1,3% de K (Herrero et al., 2014); 8,70% de N, 7,20% de P y 10,9% de K (Maubecin, 1990); 1,55% de N, 2,92% de P, y 0,74% de K (Aso y Bustos, 1991); 1,04% de N, 0,28% de P y 1,03% de K (Brown, 2013); 2,8% de N; 0,42% de P; y 0,93% de K (Osuhor, 2002).

Por otro lado, la densidad de los estiércoles sólidos también es un parámetro variable, que depende de su contenido en agua, grado de maduración, su nivel de compactación, mezcla con paja u otros materiales, etc; y que puede diferir dependiendo de dónde se lo extraiga. Un análisis detallado de muestra de estiércol caprino realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España (Tabla 1) arrojó una densidad aparente de 0,16 toneladas por m³, mientras que la densidad real (sin tener en cuenta los espacios porosos) sería de 1,6 toneladas por m³ (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, 1997). En muestras de estiércol sólido de ovinos, vacunos, équidos y porcinos mezclados con paja se mide una densidad aparente de 0,8 toneladas por m³ (Departamento de Agricultura y Alimentación, 2010). Estas variaciones reflejan la diversidad de resultados que se pueden encontrarse en los análisis de guano.

Tabla 1. Propiedades físicas y físico-químicas del guano caprino.

Propiedades Físicas	
Humedad	19 % en laboratorio
Densidad real	1,62 g/cm ³
Densidad aparente	0,162 g/cm ³
Espacio poroso total	90,0 % vol.
Capacidad de aireación (vol. de aire a 10 cm de c. a.)	47,2 % vol.
Volumen de agua (a 10 cm de c.a.)	42,8 % vol.
Capacidad de retención de agua	428 g/l sustrato
Contracción	13 % vol.
Propiedades Físico-químicas y químicas	
Suspensión acuosa 1/6 (vol:vol)	
pH (suspensión)	8,9
CE (ext.,dS/m)	2,76
Materia orgánica total (%)	77

El guano de cabra aporta los principales macronutrientes para los cultivos industriales, reduciendo deficiencias nutricionales y mejorando la calidad de los suelos (Díaz et al., 2019). Dentro de los principales nutrientes para las plantas están los macronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en sus diferentes formas. Estos constituyen una parte muy importante en la nutrición vegetal, siendo el N y el K las

principales limitantes para el crecimiento de las plantas (Aerts et al., 2000; Parks & James, 2012). Por otra parte, la dieta caprina también contiene ligninas que prácticamente no son degradadas por la digestión ni por microorganismos, y son excretadas directamente en el estiércol (Sosa, 2005). Esto implica que, con la liberación del guano, se excretan componentes esenciales para la formación de la materia orgánica del suelo (MOS). Ésta mejora la estructura del suelo al actuar sobre sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y repercute en la fertilidad del suelo a corto y a largo plazo, como también en sus funciones asociadas a la capacidad de infiltración y retención de agua (Ostle et al., 2009; Cotrufo et al., 2013).

Usos del guano

En el noroeste de Córdoba, el guano se demanda como abono natural para sistemas frutihortícolas y vitivinícolas, principalmente de la región de Cuyo (Karlin et al., 2013), aunque también se lo demanda desde las producciones de papa en la zona de Villa Dolores (Ing. César Gramaglia, com. pers., 2021). En ocasiones, algunos productores caprinos lo utilizan dentro de sus predios para fertilizar cultivos de maíz y zapallo en pequeñas chacras familiares. El estiércol de cabra utilizado como abono tiene un efecto fertilizante de alta duración sobre el suelo. A diferencia de los fertilizantes sintéticos que poseen nitrógeno mineralizado, el estiércol posee nitrógeno en su forma orgánica. Esta forma del N está compuesta por moléculas más complejas, de las cuales una parte se descompondrá en un plazo breve de tiempo (el N orgánico fácilmente mineralizable), y la otra tendrá una descomposición muy lenta, con una liberación de N gradual y contribuyendo a aumentar la materia orgánica del suelo (Irañeta et al., 2007). La fracción mineral (encontrada en fertilizantes sintéticos) y la fracción orgánica fácilmente mineralizable están rápidamente disponibles por los cultivos y constituyen un efecto directo del N, mientras que la fracción orgánica tiene un efecto a largo plazo (Irañeta et al., 2007).

En el presente trabajo, nos propusimos caracterizar la dinámica de acumulación y comercio de guano caprino en una región del Chaco Árido del Noroeste de Córdoba, por medio de un relevamiento y estimación de la cantidad de guano que potencialmente se genera en la zona, y un análisis de la composición nutricional del mismo. Se pretende así conocer la disponibilidad de nutrientes en el guano caprino que se genera en la zona, y brindar información de interés tanto para un posible manejo predial y familiar del

guano como para un potencial plan regional de utilización y reciclado del guano caprino.

Para esto, se propusieron los siguientes objetivos:

Objetivo General

Cuantificar la biomasa y nutrientes potencialmente exportables del guano caprino que se acumula dentro de los corrales en sistemas productivos de subsistencia.

Objetivos Específicos

1. Estimar la biomasa de guano caprino generado anualmente en sistemas caprinos de subsistencia.
2. Determinar la composición nutricional del guano caprino.
3. Describir la cadena de comercialización de guano caprino en la región.
4. Cuantificar los volúmenes netos de nutrientes que se exportarían del sistema a través de la venta de guano.

Materiales y métodos

Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en los departamentos Pocho y San Alberto, en la provincia de Córdoba, abarcando sistemas de producción caprina ubicados en las cercanías de la localidad de Chancaní. Se definió un área de estudio cuyos límites fueron establecidos de la siguiente forma: al Norte, límite Ruta Provincial 28 (camino de los túneles); al Este: límite Sierra de Pocho (paralelo a Ruta Provincial 51); al Sur: límite definido por uso agropecuario (comienza la predominancia de áreas cultivadas); y al Oeste: límite arbitrario paralelo al límite provincial con La Rioja¹. El polígono así delimitado presenta un 84% de su área dentro del departamento de Pocho, y un 16% restante dentro del departamento San Alberto (Figura 2).

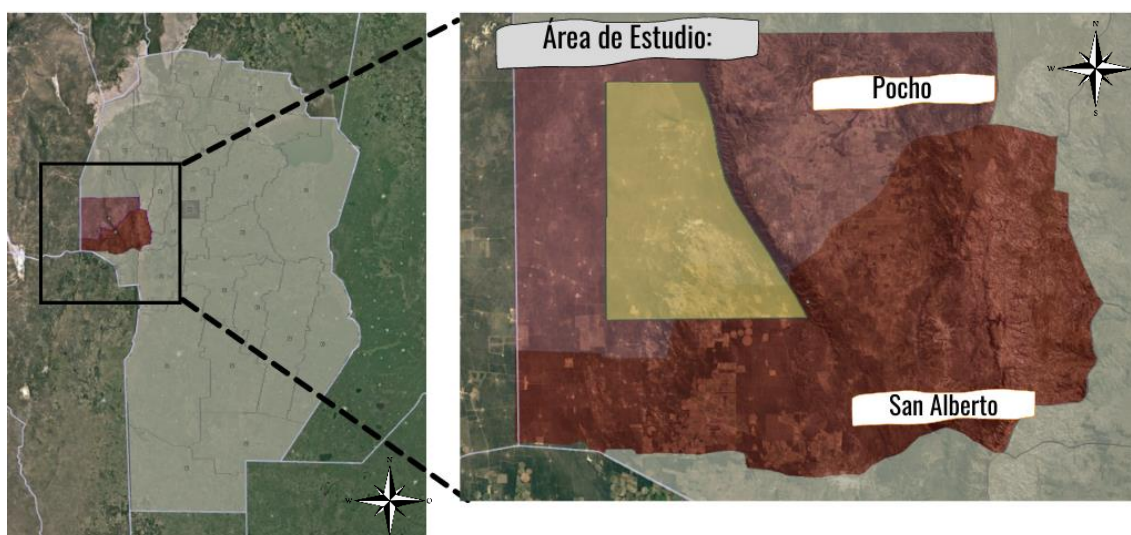


Figura 2. Señalización del área de estudio al Oeste de la provincia de Córdoba, sobre los departamentos Pocho (84%) y San Alberto (16%).

El área de estudio se sitúa en de la región del Chaco Árido, dentro del Dominio Chaqueño (Cabrera, 1976). La precipitación media anual de la zona es de aproximadamente 600 mm distribuidos entre la primavera y el verano (octubre a marzo) y una temperatura media anual de 18° C (Conti et al., 2018). Las lluvias se presentan con gran intensidad y baja frecuencia, por lo que producen efectos de erosión en áreas degradadas con alto porcentaje de suelo desnudo. Por la escorrentía superficial, se arrastran abundantes materiales a zonas más bajas de las cuencas. La temperatura media

¹ Inicialmente el límite al Este era el límite interprovincial, pero fue descartado al ver que se añadía un alto porcentaje de imágenes satelitales con baja definición (aproximadamente un 20% del área total).

anual de la zona es de 20°C. El verano térmico comienza en octubre y finaliza en marzo. Las temperaturas en verano son elevadas, presentando una media mensual del mes más cálido de 26°C (en enero). Generalmente, se presentan 20 a 25 días con temperaturas superiores a los 40°C y con máximas absolutas que sobrepasan los 45°C. Los inviernos son templados, y la temperatura media mensual del mes más frío es aproximadamente de 12°C. Generalmente se presentan heladas (5 a 10 días en el año), y suelen comenzar en la segunda semana de mayo, finalizando en agosto. Las oscilaciones térmicas diarias son grandes, siendo común diferencias de más de 10°C entre el día y la noche (Karlin et al., 2013).

La vegetación nativa de la región corresponde a bosques y matorrales xerófilos, compuestos por un estrato arbóreo de especies como *Aspidosperma quebracho-blanco* (Quebracho blanco), *Prosopis* spp. (Algarrobos), *Sarcomphalus mistol* (Mistol), un estrato arbustivo con presencia de *Larrea divaricata* (Jarilla), *Senegalia gilliesii* (Garabato macho) y *Mimozyanthus carinatus* (Lata), entre otras (Cabido et al., 1992) y un estrato herbáceo compuesto exclusivamente por gramíneas C4, en su mayoría de los géneros *Trichloris*, *Setaria* y *Digitaria* (Ragonese et al., 1970). Este último estrato se manifiesta en mayor grado en el período de precipitaciones y en suelos con buen contenido de nitrógeno (Karlin et al., 2013).

Debido a la tala y sobrepastoreo, gran parte de las comunidades vegetales de la región poseen una fisonomía denominada fachinal, caracterizada por un estrato arbóreo abierto, un arbustal denso y un estrato herbáceo dominado por gramíneas anuales y pocas perennes (Tártara et al., 1987; Hoyos et al., 2013). La heterogeneidad de los bosques actuales, principalmente los secundarios, está definida por la intensidad de uso, y su regeneración está influida por el grado de disturbio y las condiciones edáficas dominantes (Contreras, 2011; Karlin et al., 2011, Lipoma et al., 2020). En áreas que son intervenidas para producción, las altas cargas animales y los desmontes selectivos con rolos eliminan los renovales, dificultando o retrasando la regeneración natural del bosque (Karlin et al., 2013). La remoción de árboles de algarrobo y quebracho han contribuido a la formación de comunidades de *Larrea divaricata*, *Mimozyanthus carinatus* y *Senegalia gilliesii* en gran parte de la superficie del Chaco Árido (Karlin et al., 2013). Los jarillales generalmente ocupan sitios de suelo degradado por la compactación y el consecuente escurrimiento superficial. En estos sitios no puede desarrollarse el bosque en su plenitud (Cabido et al., 2002).

Relevamiento Satelital de Corrales

Se realizó un relevamiento del área de estudio a través de imágenes satelitales de Google Earth, de fecha 24/03/2021, en el cual se identificaron todos los corrales de cabras observables en una escala de 1:2000. Para ello se tuvieron en cuenta características del aspecto del corral (color, bordes, divisiones, etc.) y su similitud con corrales ya conocidos y de identidad corroborada a campo previamente. Una vez identificados, se los etiquetó con un número y se estimó su superficie por medio de mediciones con la herramienta “polígono” de Google Earth Pro© Versión 7.3.4.8248. Una vez obtenidas las medidas, se registró la superficie estimada de cada corral en una tabla.

Relevamiento a Campo

Se realizaron dos viajes a campo, en los cuales se relevaron corrales con tres objetivos: 1) el ajuste y corroboración a campo de las mediciones realizadas a partir de imágenes satelitales, 2) la medición de la profundidad del guano acumulado y el registro del tiempo transcurrido para dicha acumulación, y 3) la extracción de muestras de guano para posterior análisis en laboratorio.

Para el ajuste de la superficie a partir de datos de campo, se relevaron 16 corrales, en los cuales se tomaron las medidas de largo y ancho. En caso de los corrales irregulares, se los subdividió en figuras geométricas menores para facilitar las mediciones. Una vez obtenidas las medidas, se calculó la superficie de cada corral, ya sea de manera directa en corrales de formas regulares (cuadrados o rectángulos) o a partir de la sumatoria de las subdivisiones realizadas para facilitar la medición en aquellos corrales irregulares. Posteriormente, se realizó un análisis de regresión con las medidas satelitales. De esta manera se obtuvo una ecuación que permitió extrapolar las medidas obtenidas por satélite, a sus equivalentes reales a campo.

Para la medición de profundidad y la extracción de muestras de guano se relevaron nueve corrales². En cada corral, y a los fines de captar su heterogeneidad interna, se midió la profundidad en cinco sitios aleatorios, y se extrajo una cantidad definida de guano con un sacabocado de 133 cm³ de volumen. Para medir la profundidad se extrajo el guano con el sacabocado hasta llegar al suelo (Anexo 2, Imagen 1). Este límite se definió por la diferencia de color y textura entre el guano y la

² Estos 9 corrales forman parte de los 16 relevados para el ajuste de las medidas satelitales.

tierra. Una vez extraído el guano, se midió la profundidad con una regla (Anexo 2, Imagen 2). Posteriormente, se confeccionó una tabla donde se registraron todos los valores y se calculó un promedio de profundidad a partir de las cinco mediciones realizadas por corral. Las muestras de guano fueron almacenadas en bolsas de plástico con etiqueta, hasta su procesamiento en el laboratorio (Anexo 2, Imagen 3).

Entrevistas

Con el objetivo de identificar cuál es la frecuencia con la que se extrae y se vende el guano, qué actores intervienen en la compraventa, cuáles son los principales destinos, y qué valor económico tiene esta transacción, se realizaron entrevistas a productores y productoras, y a tres actores clave que podrían brindar información acerca de la cadena de comercialización de guano: Marcela Ledesma y César Gramaglia, (técnicos de INTA Forestal Villa Dolores y del INTA Villa Dolores, respectivamente), y Sr. José Farías, recolector y comerciante de guano de la zona, residente de Chancaní. Las entrevistas fueron semiestructuradas, no aleatorias e intencionales, y se siguió el muestreo en cadena o “bola de nieve” (Calisimas, 1996) para la elección de los productores y productoras entrevistados. De esta manera, los casos de interés se fueron identificando a partir de alguien que conocía a otra persona que podía resultar un buen candidato para participar del estudio (Martínez-Salgado, 2012). Toda la información fue procesada y elaborada para describir la cadena de comercialización del guano en la región a partir de la percepción de diferentes actores sociales involucrados en la misma.

Estimación del volumen y biomasa de guano

Una vez registrados los datos de profundidad de guano acumulado, tiempo de acumulación, superficie del corral y cantidad de cabras de la unidad productiva, se elaboró una tabla con toda la información sistematizada (Anexo 1, Tabla A3). La cantidad anual de guano acumulado por corral se calculó según la siguiente ecuación:

$$\textit{Guano Total Acumulado} (m^3 \cdot \textit{año}^{-1}) = a * b$$

siendo

$$a = \textit{Vol. de guano acumulado en 1 m}^2 \textit{ por año}$$

$$b = \textit{Superficie del Corral}$$

El volumen de guano acumulado por m² en un año (valor *a*) fue calculado a partir de los datos de la Tabla A3 (Anexo 1) con la siguiente fórmula:

$$a = (\textit{Profundidad} \times 1 \textit{ m}^2) / \textit{Tiempo (meses)} * 12 \textit{ (meses)}$$

Se asumió que todos los corrales en el área de estudio cuentan con una carga ganadera de 0,45 cabras por m², que es el valor promedio obtenido a partir de muestreo (Anexo 1, Tabla A3) y que se condice con el valor estimado en bibliografía de 0,5 cabras por m² (Gioffredo et al., 2010; Smeriglio et al., 2016).

Posteriormente se calculó la densidad del guano en peso seco y peso húmedo y, a partir de ella, se estimó la cantidad de masa total (en kg y en toneladas) generada en el área de estudio.

Descripción Nutricional del Guano

Se tomaron nueve muestras de guano en total, cada una de ellas conformada por cinco submuestras, de distintos sectores de un corral con el fin de capturar la heterogeneidad espacial del mismo. Las nueve muestras compuestas se almacenaron en bolsas de plástico para su traslado a laboratorio. En las 24 horas subsiguientes a la recolección, se traspasaron a bolsas de papel para ser secadas en estufa de circulación forzada a 45-50°C, durante 72 horas, hasta llegar a peso seco constante. La densidad del material se calculó con el uso de un cilindro de volumen conocido (133 cm³). Posteriormente, las muestras se enviaron a laboratorio especializado donde se determinó en cada una el contenido de Nitrógeno (N) y Fosforo (P), mediante espectrofotometría de precisión en un autoanalizador WestCO SmartChem 200 .

Descripción de la cadena de comercialización de guano

A partir de la recopilación bibliográfica y las entrevistas realizadas en las unidades productivas y a otros actores clave, se realizó una descripción de la cadena de comercialización del guano caprino en el área de estudio. En ella se detalló quiénes forman parte de la cadena de compraventa, cómo se lleva a cabo el proceso, qué cantidades y precios se manejan, entre otra información de relevancia.

Estimación de los volúmenes netos de nutrientes potencialmente exportados

Una vez obtenida la biomasa anual de guano exportable de la región y la composición nutricional del mismo, se procedió a calcular el volumen neto de nutrientes (N y P) que se exportarían simultáneamente con el traslado del estiércol. Esto se realizó mediante la multiplicación de la biomasa total de guano por los promedios de porcentajes de N y P disponibles en el guano, a partir de los análisis químicos anteriormente mencionados.

Resultados

Relevamiento Satelital de Corrales

Se relevó y obtuvo la superficie estimada de un total de 179 corrales dentro del polígono de estudio (Figura 3). Todos los corrales incluidos se encontraron distribuidos a lo largo y ancho del polígono de estudio. El promedio de las superficies medidas fue de 149,7 m², y un 65% de los corrales se encontraron por debajo de esa media. Solo el 19% de los corrales superó los 250 m², que fue la mayor superficie registrada en el muestreo a campo. Las medidas correspondientes a los 179 corrales identificados se presentan en la Tabla A1 (Anexo 1).

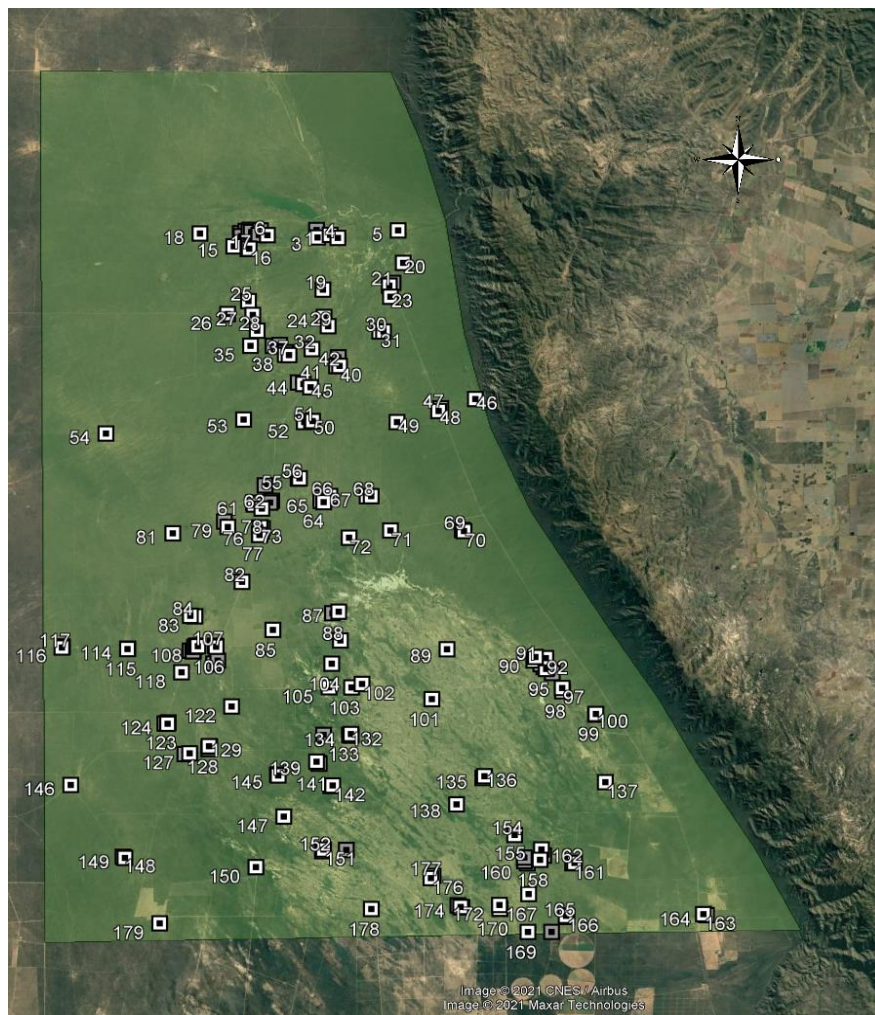


Figura 3. Mapa satelital destacando los 179 corrales identificados. Se delimita en color verde el área de estudio.

Ajuste de Superficies

A partir de las medidas de los 16 corrales relevados a campo, se obtuvo una regresión de coeficiente $R^2=0,92$, $p=0,001$, entre las mediciones a campo y las mediciones obtenidas a través de Google Earth (Figura 3). Al ajustarlas, se obtuvieron 179 valores nuevos para la superficie de cada corral (Anexo 1, Tabla A1). Para el análisis de esitimación, se descartaron 30 corrales que superaron los 500m² de superficie³, lo cual dejó un total de 149 corrales para el estudio.

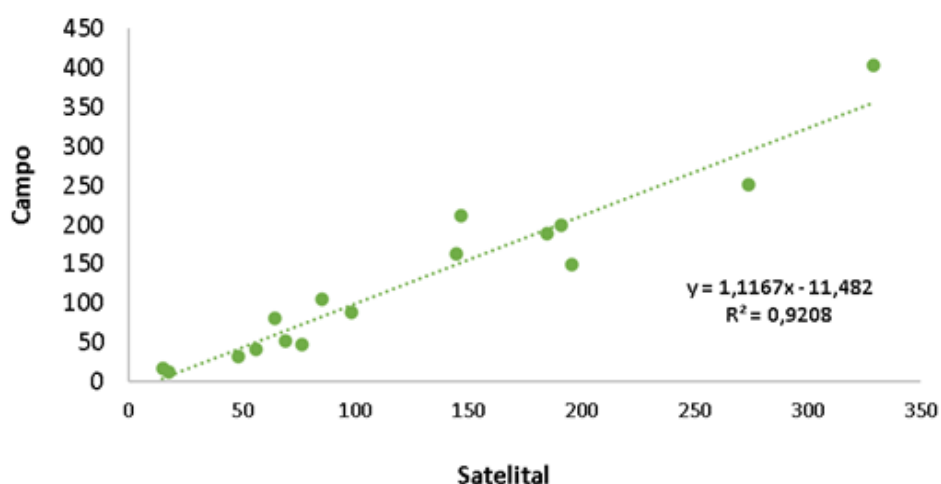


Figura 3. Relación entre las medidas (área, expresada en m²) de los corrales obtenidas a través de Google Earth y las medidas registradas a campo. $R^2= 0,92$; $p<0,0001$.

Relevamiento a Campo

A partir de las mediciones a campo y las entrevistas con los productores, se generó una tabla en la cual se registró, para cada corral, la superficie total, la profundidad promedio del guano acumulado, el tiempo de acumulación y la cantidad de cabras del corral (Tabla 2).

³ Esta decisión se tomó teniendo en cuenta las dimensiones que observamos en los corrales de cabras y asumiendo que todo corral mayor a 500m² no correspondía a corrales de caprinos sino de bovinos.

	Código	N°	Profundidad promedio (cm)	Área (m ²)	Tiempo (meses)	Cantidad de cabras
1	A	175	36,4	51,62	54	30
2	B	168	5	88,57	3	20
3	C	*	53,6	105,06	96	45
4	D	2	27,8	162,75	30	90
5	E	16	35,4	252	12	100
6	F	14	25,4	42	48	20
7	G	79	16,8	81,78	5	46
8	H	77	11,4	189,2	3	60
9	I	5	11,2	199,12	10	100

Tabla 2. Registro y síntesis de la información obtenida en el campo sobre profundidad de guano, área del corral, tiempo durante el cual ocurrió la acumulación, y N° de cabras confinadas en el corral durante dicho tiempo. *=corral no detectado mediante imágenes satelitales.

Se registraron 9 corrales (A-I), de los cuales uno de ellos (corral C) no había sido observado satelitalmente. Las superficies de los corrales oscilaron entre un valor mínimo de 42 m² a 252 m², con una media de 130 m². Como era de esperar, se encontró una correlación positiva entre el tiempo de acumulación del guano y la profundidad de guano medida en el corral (Figura 4). También se observó una correlación positiva entre el número de cabras y la superficie del corral, lo que era esperado según bibliografía (ver Figura 5). El promedio de cabras por m² en los corrales muestreados osciló entre un valor mínimo de 0,20 cabras por m² en el corral B, y un valor máximo de 0,58 en el corral A, con una media de 0,45 por m².

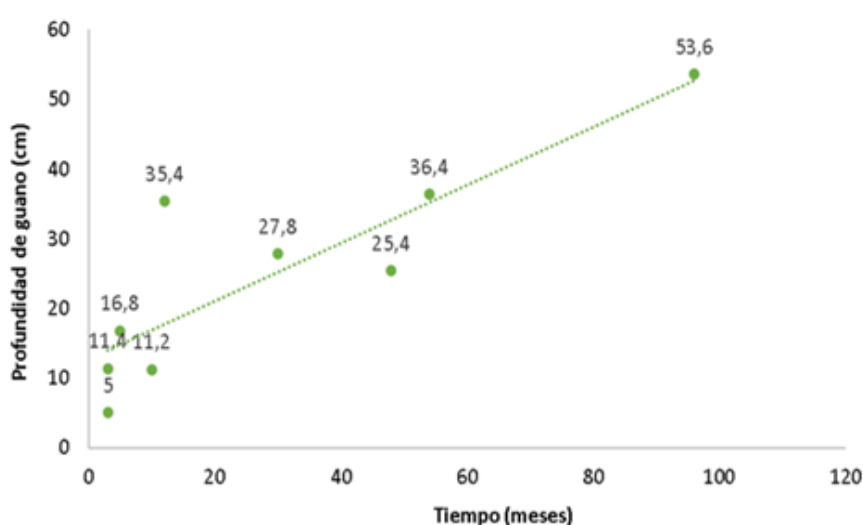


Figura 4. Correlación entre la profundidad de guano medida en el corral y los meses transcurridos desde el último retiro. $r = 0,86$

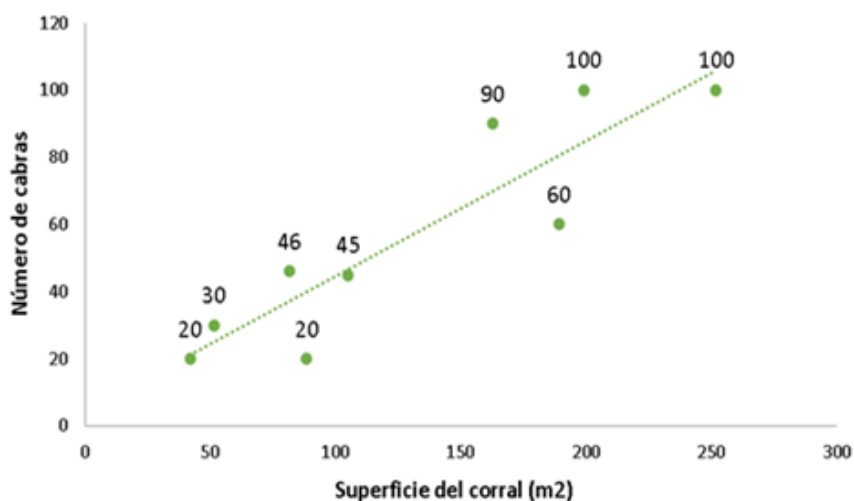


Figura 5. Correlación entre el número de cabras en la unidad productiva y la superficie del corral. $r = 0,90$

Cuantificación de volumen y biomasa de guano

Los volúmenes estimados de guano acumulado en los corrales analizados oscilaron entre un mínimo de $1,05 \text{ m}^3$ y un máximo de $102,83 \text{ m}^3$, con un valor promedio de $30,77 \text{ m}^3$ (Anexo 1, Tabla A4). El volumen total estimado de guano acumulado para la totalidad de los corrales relevados satelitalmente fue de $4584,93 \text{ m}^3$. Se calculó una densidad de 424 kg/m^3 ($0,42$ toneladas por m^3) en peso seco y una densidad de 641 kg/m^3 ($0,64$ toneladas por m^3) en peso húmedo (Anexo 1, Tablas A5 y A6). De esta manera, el valor total estimado de biomasa de guano para la región de estudio, medida en peso seco y peso húmedo, equivaldría a 1944 toneladas y $2938,9$ toneladas respectivamente⁴.

Descripción Nutricional del Guano

Se obtuvo un valor de Nitrógeno y Fósforo por cada muestra, expresados en mg de N y P por gramo de muestra. Estos valores fueron convertidos a porcentaje, y se registró el promedio, el valor máximo y el valor mínimo para N y P (Tabla 3).

⁴ Por motivos logísticos no se obtuvo un n adecuado de muestras para poder establecer la densidad del guano con su peso húmedo de manera fehaciente (se midió sólo en dos muestras). No obstante, se decidió tomar estos valores como referencia y presentar el resultado, dada la importancia práctica de dicho valor al momento de la comercialización.

Muestra	Nitrógeno (%)	Fósforo (%)
1	3,54	0,44
2	2,16	0,32
3	1,49	0,37
4	0,86	0,18
5	0,87	0,15
6	3,34	0,43
7	2,73	0,32
8	1,46	0,15
9	3,73	0,26
PROMEDIO	2,24	0,29
Máximo	3,73	0,44
Mínimo	0,86	0,15

Tabla 3. Valores de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) obtenidos para cada muestra.

Los valores de nitrógeno obtenidos oscilaron entre un valor mínimo de 0,86% y un máximo de 3,54%, con un promedio de 2,24%. No se observó ninguna correlación con las variables de tiempo de acumulación, profundidad del guano o cantidad de cabras en el corral. Por su parte, los valores de Fósforo demostraron menor variación y oscilaron entre un valor mínimo de 0,15% y un máximo de 0,44%. En este caso, sí se hallaron correlaciones con las variables de tiempo de acumulación y cantidad de cabras por corral, siendo positiva y negativa respectivamente (Figuras 6 y 7).

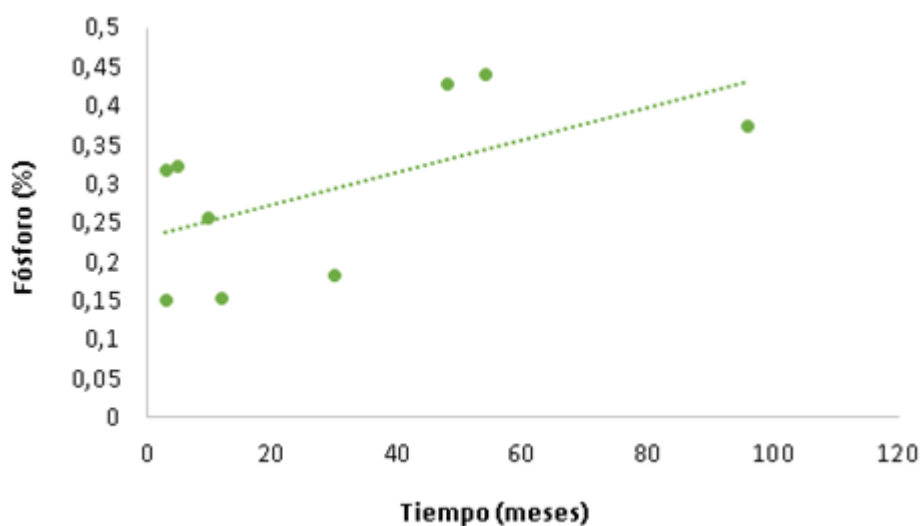


Figura 6. Correlación entre el porcentaje de fósforo medido en las muestras y el tiempo de acumulación del guano. $r = 0,59$

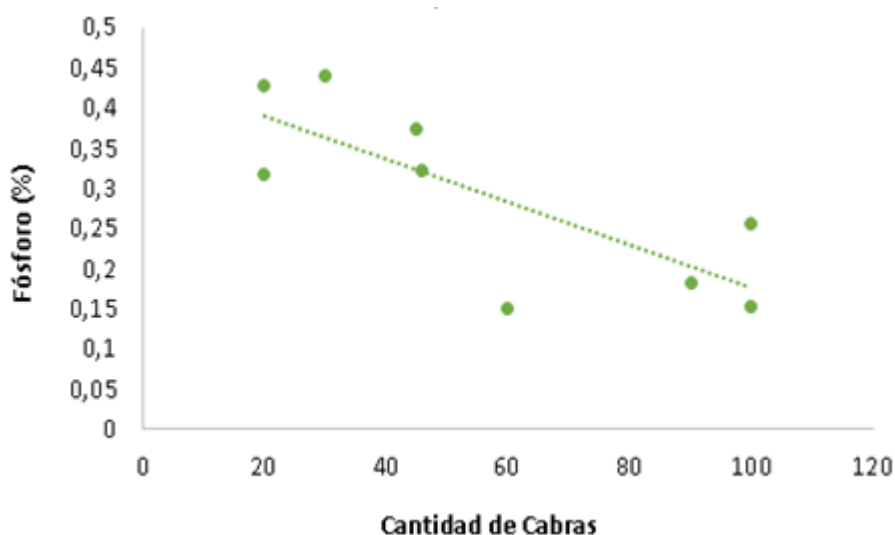


Figura 7. Relación entre el porcentaje de fósforo registrado en las muestras y la cantidad de cabras en el corral. $r = -0,78$

Descripción de la cadena de comercialización de guano

De acuerdo a lo expresado en las entrevistas por los diferentes actores sociales involucrados, la cadena de comercialización de guano en la región consta de varios pasos (Figura 8). En primer lugar, es importante destacar que el guano es un elemento que se genera de manera continua, independientemente de que exista o no una demanda del mismo como producto comercializable. En este sentido, y por causa del manejo con encierre nocturno del hato de cabras, el guano se acumula en los corrales durante las horas en que los animales están dentro generando en muchas ocasiones complicaciones para los productores si no es retirado con cierta frecuencia. Estas complicaciones pueden significar desde problemas sanitarios para los animales (Suárez et al., 2020) hasta pudrición de las maderas del corral, generando pérdidas económicas de gran magnitud para los productores cuyas condiciones económicas no permiten la construcción de nuevos corrales. Esta situación influye directamente en la definición del precio de comercialización, ya que los productores se encuentran en un lugar de desventaja al requerir -en ocasiones, con urgencia- que el guano sea retirado del predio. En distintas unidades productivas entrevistadas se conoció que en la actualidad se reciben aproximadamente \$2.000 por “equipo completo” (camión + acoplado), lo que equivale a 40 toneladas aproximadamente (José Farías; Marcela Ledesma, com. pers. 2021). Esto implica que el precio actual ronda los \$50 por tonelada, lo cual no diferiría de los valores del año 2013 (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2013). Por

otro lado, el precio final que se paga en establecimientos de cultivo de vid ha llegado a alcanzar los \$2.500 por tonelada (César Gramaglia, com. pers., 2021), lo que implicaría que el valor ofrecido a los productores representa tan solo un 2% del precio final de mercado.

En segundo lugar, el retiro del guano es realizado por intermediarios, denominados “*guaneros*”. Éstos cuentan con los vehículos y el capital para poder realizar la recolección, el acopio y traslado del guano a los sitios donde se demanda y se vende. Hay distintos *guaneros* en la zona, y generalmente son conocidos por los productores. Algunos de ellos son locales y residen en la zona, pero también hay quienes vienen directamente desde los sitios donde se desea aplicar o vender el guano, ya sea en la provincia de Córdoba o provincias vecinas (San Juan, La Rioja). La frecuencia de retiro es variable ya que la rutina de aplicación del guano también lo es. Por ejemplo, en Cuyo se lo utiliza para el abono de la vid, y hay productores que aplican guano de manera anual, mientras que otros deciden aplicar año de por medio. La aplicación se realiza en invierno sobre el tronco de la planta, y se utiliza el guano fresco. En cultivos de papa de la localidad de Villa Dolores, en cambio, se realizan aplicaciones de guano cada tres años aproximadamente (Antonio Martínez, com. pers.). Por esto, la decisión de la frecuencia de aplicación impacta directamente en la frecuencia de retiro.

Para el acopio del guano se utiliza lo que en la zona se denomina “*un equipo*”, con aproximadamente 40-45 toneladas de material. En general, el precio se negocia por esa cantidad, es decir, se paga por equipo completo. Para cargar el guano se requieren alrededor de 5 personas (“*jornaleros*”), que trabajan desde la mañana temprano hasta las 14hs aproximadamente. El traslado no se realiza con documentación legal, sin embargo en ocasiones SENASA consulta desde dónde hacia dónde se traslada la carga

Finalmente, en la descarga, la finca que recibe el guano es quien se responsabiliza de las personas que descargan, y suele ser un proceso rápido (menos de una hora). El precio final es variable dependiendo de lo que negocie la finca con el *guanero*, pero, como se mencionó anteriormente, puede llegar a ser casi un 5000% más alto que el precio que reciben los productores caprinos.

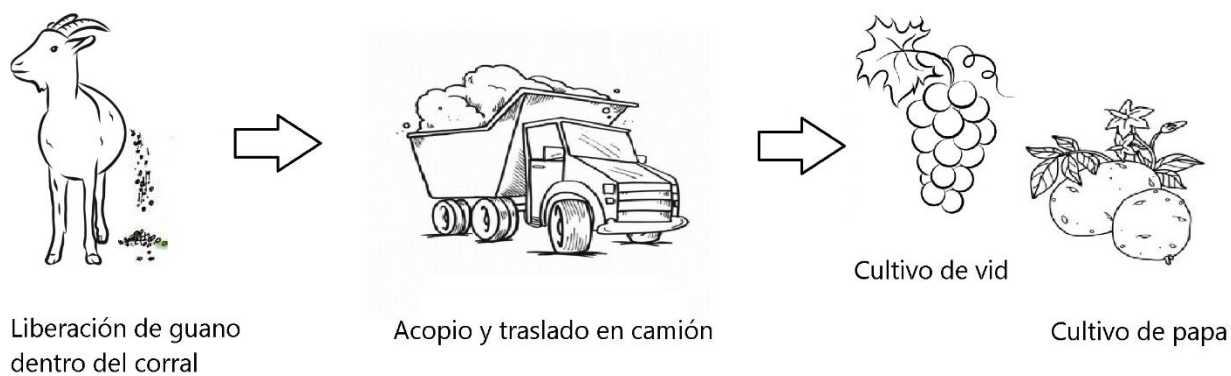


Figura 8. Esquema de la cadena de comercialización del guano en la región de estudio.

Estimación de los volúmenes netos de nutrientes potencialmente exportados

A partir de la biomasa de guano anual calculada, se estimó que en la región de estudio unas 43,55 toneladas de Nitrógeno y 5,64 toneladas de Fósforo serían potencialmente exportadas con la venta de guano caprino.

Discusión

A partir de los resultados obtenidos, se discuten aspectos relevantes para tener en cuenta en su análisis e interpretación. Es importante recalcar que el estudio fue planificado y realizado en un contexto de aislamiento preventivo por Covid-19, y las metodologías planteadas fueron acordes al mismo, con limitaciones para los trabajos tanto de campo como de laboratorio. En este sentido, el análisis de los resultados aquí presentados debería tener presente las circunstancias del contexto.

El minucioso relevamiento satelital permitió establecer criterios para distinguir corrales de cabra de otro tipo de establecimiento, aunque es necesario tener presente que podría existir cierta discrepancia entre lo registrado satelitalmente y la realidad en el territorio. Si bien se trabajó con imágenes actuales bien definidas, cabe la posibilidad de que no hayan sido relevados los corrales que se encontraran tapados por árboles u otros objetos de altura. Todos los corrales identificados satelitalmente, que fueron corroborados a campo con posterioridad, confirmaron una correcta delimitación y clasificación con la metodología basada en imágenes satelitales. Por otro lado, la superficie del corral fue un factor que se tuvo en cuenta para diferenciar corrales de cabras y de vacas, pero es importante considerar que pueden existir excepciones a este criterio. Finalmente, aunque esto no se observó con los corrales verificados a campo, también puede haber ocurrido que se hayan registrado como activos corrales que actualmente están en desuso.

Por otra parte, la carga ganadera de cabras por corral ($0,45$ por m^2) fue un número estimado al que se arribó en base a los datos registrados a campo y lo consultado en bibliografía. El promedio de los nueve corrales relevados a campo arrojó un número muy cercano a una cabra cada dos m^2 , que es el valor de encerramiento recomendado en los programas de manejo de ganado caprino (Gioffredo & Petryna, 2010; Smeriglio et al., 2016). Por esto, se decidió asumir que el valor promedio de los corrales relevados fue representativo de los corrales de la región. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que de un año al siguiente el tamaño de la majada puede variar significativamente a causa de problemas sanitarios, escasez de agua y alimento, como también por conflictos con alambrados, los cuales son cada vez más frecuentes en la zona Sur de la región de estudio (Miriam; Zulema; 2021, com. pers.).

Si bien en el trabajo se consideró un promedio de guano acumulado por m^2 , este es un valor que demostró una gran heterogeneidad entre los corrales muestreados

(Anexo 1, Tabla A3). Esto es entedible considerando la variación en la producción de guano por cabra que se expresa en bibliografía: algunos autores expresan un valor de 60kg anuales por cabra (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2013), 250kg anuales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2020) y hasta 985kg anuales según Herrero et al. (2014). Estos últimos proponen que el 50% del total es lo que efectivamente quedaría en el corral, lo cual representaría una biomasa de 490kg anuales dentro del área de encierro. Esta enorme heterogeneidad en la producción de guano por cabra, y por ende, en la acumulación por m², puede deberse a muchas variables. Dentro de ellas, las principales que se identifican son: la diversidad de condiciones de vida de los animales, su edad, la calidad de su dieta, el acceso al agua, la variación estacional y las prácticas de manejo en el predio (tiempo de encierro, división de corral, etc.). Por su parte, Maubecin (1990) postula que la cantidad de guano acumulado en un corral depende del tamaño de la majada, de las estrategias para evitar que la escorrentía lo arrastre fuera del corral en la época lluviosa y de la calidad de los alimentos consumidos. Por todo esto, es importante considerar que la cantidad estimada de guano anual en la zona de estudio puede variar considerablemente a lo largo del año, pero también entre años. Además, hay que tener en cuenta que es una cantidad estimada de producción anual, y no una medida de la existencia (“*stock*”) que efectivamente se encontraría en el territorio en un momento dado, ya que la frecuencia de retiro del guano es variable y se realiza de manera irregular, según los requerimientos de quienes lo utilizarán. Por ello, puede suceder que mientras en algunos predios los corrales estén vacíos, en otros tengan guano acumulado desde años anteriores.

La composición nutricional del guano también expresó resultados heterogéneos (Tabla 3). Esto se observó de manera más acentuada en el análisis de nitrógeno, donde el valor máximo fue cuatro veces más alto que el valor mínimo. En el caso de las concentraciones de fósforo, el valor máximo triplicó al valor mínimo. Igualmente, el promedio de ambos análisis arrojó valores similares a los registrados en bibliografía, tanto local como internacional (Díaz et al., 2019; Osuho et al., 2002; Aso y Bustos, 1991). Respecto al análisis de N, no se observó ningún patrón que pudiera explicar la variabilidad con relación a la información recabada en entrevistas (tiempo de acumulación, profundidad del guano acumulado, cantidad de cabras), por lo que podría explicarse por variables similares a la heterogeneidad en la producción de guano: diversidad en las condiciones de vida, acceso al agua y principalmente, calidad y cantidad de la alimentación. Leslie & Starkey (1985) plantean que el nitrógeno fecal

resulta ser un índice que muestra una correlación positiva respecto al consumo, digestibilidad y contenido proteico de la dieta dentro de una gran variedad de rumiantes. Esto ha sido estudiado por diversos autores, en su mayoría vinculado la producción de estiércol (y nitrógeno, específicamente) en ganado vacuno, y se corrobora que existe una vinculación directa entre la variación de proteínas en la dieta y la cantidad de N excretado, lo que implicaría que al existir una disminución en la proteína dietaria, también ocurre una disminución en el nitrógeno excretado (Zhu et al., 2020; Cole et al., 2015; Danes et al., 2013). En este sentido, sería de interés abordar el estudio de la calidad de la vegetación a nivel predial o bien, del área sobre la cual forrajea la majada de cada unidad productiva, a fin de profundizar el análisis de la calidad del alimento y su relación con la composición nutricional del guano. Sumado a la variación de la dieta, también podría estar ocurriendo un proceso de volatilización diferencial del nitrógeno en los corrales, que podría explicar las diferencias entre los resultados obtenidos. Posiblemente los acúmulos de guano de los sitios difieren en sus condiciones de descomposición presentando distinto pH y niveles de oxígeno, ya que presentan diferentes tiempos de acumulación, nivel de compactación, cantidad de urea recibida, etc., y estas condiciones podrían influir directamente en la tasa de volatilización del nitrógeno. Kirchmann & Witter (1989) estudiaron este proceso en estiércol de aves, donde corroboraron que las pérdidas de nitrógeno por volatilización en condiciones de anaerobia (con un pH bajo) son mucho menores que en condiciones aeróbicas (con un pH alto). El valor del pH es el factor principal que regula el equilibrio entre iones NH_4^+ y el gas NH_3 en estiércol de aves (Kirchmann et al., 1989), por lo que una diferencia en dichas condiciones de descomposición podría explicar las variaciones entre el nitrógeno medido en las muestras.

Por su parte, en el análisis de fósforo se observó, aunque leve, una relación respecto al tiempo de acumulación del guano en el corral: los valores más altos se correlacionaron con las muestras de mayor antigüedad y los valores más bajos, con los de menor antigüedad (Figura 6). Esto podría estar indicando que, con una mayor maduración del estiércol, se eleva el porcentaje de fósforo disponible en el mismo. También se observó una relación negativa con respecto a la cantidad de cabras en el corral, donde los valores más altos se correlacionaron con una menor cantidad de cabras, y los valores más bajos, con una menor cantidad de cabras (Figura 7), lo que podría estar relacionado a la disponibilidad de dieta: en un corral con muchas cabras puede dificultarse la inversión económica que implica la suplementación alimentaria,

mientras que en un corral con menos cabras esto podría ser más factible para la economía del productor. Igualmente, esto último es relativo ya que también puede ocurrir que un productor con mayor número de cabras cuente con un mayor ingreso económico que le permita sustentar una inversión en suplementos para la dieta.

El valor estimado de producción de guano anual permitió conocer aproximadamente qué cantidad de biomasa se estaría generando anualmente en la región. Esta información es de gran relevancia si se tiene en cuenta que el retiro regular del guano es una necesidad para los productores de la región, ya sea para utilizarlo fuera del predio, o bien para volver a distribuirlo dentro del mismo. Como se mencionó previamente en este trabajo, la acumulación del guano en los corrales trae aparejadas muchas complicaciones directas como la pudrición de los corrales, la generación de olores y problemas sanitarios para los animales, entre otros. Además, teniendo en cuenta el análisis de la composición nutricional del mismo, y previos trabajos sobre lixiviación de nutrientes (Meglioli et al., 2014) también podrían estar ocurriendo complicaciones indirectas a largo plazo y de menor evidencia, como la hipereutrofización de las zonas aledañas al corral y la contaminación de napas de agua cercanas los hogares, de las cuales generalmente se abastecen las familias y los animales del predio.

En este sentido, desde un punto de vista socioeconómico, adquiere relevancia la posibilidad de generar un plan de manejo que plantee el retiro regular del guano en la región. Esto podría ser beneficioso para los productores ya que al asociarse y autogestionar un sistema para ofrecer el servicio de retiro y traslado del guano directamente hacia los sitios de demanda y uso, se evitarían los intermediarios en la cadena de comercialización, y se recibiría el precio final de venta de manera directa. La complejidad de la propuesta radica en la inversión inicial que se requiere, ya que se necesitaría contar con un camión (como mínimo) equipado para el retiro del guano, pero dicha inversión podría traer un beneficio económico a largo plazo sobre los ingresos prediales de los campesinos de la región. Igualmente, esto requeriría un análisis económico de costo-beneficio que considere la inversión inicial, amortizaciones, ingresos y gastos para poder corroborar efectivamente el potencial beneficio o no de la propuesta. Además, es interesante tener en cuenta que esto podría fomentar el progresivo reemplazo y disminución del uso de insumos y fertilizantes sintéticos en las producciones agrícolas aledañas (producciones vitivinícolas, producción de papa, etc.). En muchas ocasiones, los productores agrícolas eligen fertilizar sintéticamente por la facilidad en el acceso al producto en el mercado, y no por el costo en sí, ya que la

comparación entre ambas opciones generalmente coloca al precio del fertilizante sintético muy por encima del costo que representa el abono natural. Esto necesariamente depende del cultivo y el fertilizante a utilizar, pero se registra un caso reciente de producción vitivinícola donde la relación comparativa entre el precio de fertilizante sintético y el precio final de guano fue de 28:1 respectivamente (Ing. César Gramaglia, com. pers., 2021). También, es necesario destacar que este beneficio no sería sólo económico ya que, como se mencionó previamente en el trabajo, la acción fertilizante del guano -a diferencia de los fertilizantes sintéticos- actúa de manera integral sobre la estructura del suelo, la composición de la MOS, entre muchas otras consecuencias benéficas a largo plazo.

Finalmente, desde el punto de vista biológico, es importante considerar que los nutrientes acumulados en el corral, y luego posiblemente exportados, provienen del bosque nativo existente en el predio donde las cabras forrajean. Una dinámica de exportación sostenida en el tiempo podría estar implicando un progresivo empobrecimiento de los suelos actualmente degradados de la región. En este sentido, también sería de interés generar y proponer planes para fomentar que esos nutrientes sean reincorporados al mismo predio de donde provienen, ya sea distribuyendo el guano dentro de la unidad productiva (lo cual implicaría un costo relativamente alto sin un rédito económico inmediato que lo compense), o bien, aplicándolo directamente como abono en chacras familiares autogestionadas dentro del mismo predio, como ocurre en algunos casos de este mismo estudio, en que los campesinos manifestaron utilizar el guano en huertas familiares.

Conclusión

En este trabajo se llevó a cabo una caracterización de la acumulación y el comercio de guano en los sistemas caprinos de la región del Chaco Árido, particularmente en las cercanías de la localidad de Chancaní, Córdoba. Los resultados obtenidos proveen una estimación sobre la biomasa de guano generada anualmente en la región, la composición nutricional del mismo, y la cantidad de nutrientes que se exportarían con él. También, se logró describir la dinámica de la cadena de comercialización de guano en la zona, a través de comunicaciones personales y registros a campo. Si bien los resultados fueron obtenidos en un contexto de limitaciones para encuentros personales, viajes de campo e ingreso a laboratorios, consideramos que

aportan un análisis útil para la discusión de esta temática a futuro. Toda la información recabada en este trabajo confirma que la generación, acumulación y comercio de guano, es una problemática compleja, que debe ser estudiada desde miradas interdisciplinarias que puedan abordarla contemplando todas sus aristas y posibles soluciones. Teniendo esto en cuenta, podrían continuarse y profundizarse estudios que colaboren con la construcción de planes de manejo de la producción y acumulación del guano en la región, generando alternativas sustentables que permitan mejorar tanto la calidad de vida de los habitantes, como la salud del ambiente en el que habitan.

Bibliografía

- Aerts, R. & Chapin, F. S. (2000). The Mineral Nutrition of Wild Plants Revisited: A Re-evaluation of Processes and Patterns. En *Advances in Ecological Research* Vol. 30
- Arancibia Fredes, M. T. (2017). Variación estacional de algunos componentes de interés agronómico en el estiércol de cabra. Tesis de grado de la Facultad de Ciencias Veterinarias y Ambientales, Universidad Juan Agustín Maza, Mendoza
- Aso, P. J. & V. Bustos N. (1991). Uso de residuos orgánicos, estiércol y cachaza, como abonos. *Avance Agroindustrial* 44. Estación Experimental Agroindustrial. Tucumán, Argentina.
- Bardgett, R. D., & Wardle, D. A. (2003). Herbivore-mediated linkages between aboveground and belowground communities. *Ecology*, 84(9), 2258–2268. doi:10.1890/02-0274.
- Bocco, M., Coirini, R., Ulf, K., & Von Muller, A. (2007). Evaluación Socioeconómica de de Sistemas Productivos Sustentables en el Chaco Arido, Argentina. *Zonas Áridas* 11(1).
- Brown, C. (2013). Available nutrients and value for manure from various live stocktypes. *FactSheet* 13-043.
- Cabido, M.; Acosta, A., Carranza, M. L. & Díaz, S. (1992). La vegetación del Chaco Árido en el W de la provincia de Córdoba, Argentina. *Documents Phytosociologiques* XIV: 447-456.

- Cabrera, A. L. (1976). Regiones fitogeográficas argentinas. Pp. 1-85 en W. F. Kugler (ed.). Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo 2. 2da edición. Acme, Buenos Aires, Argentina. Fascículo 1.
- Cáceres, D., Tapella, E., Quétier, F. y Díaz S. (2015). The social value of biodiversity and ecosystem services from the perspectives of different social actors. *Ecology and Society* 20(1): 62.
- Casilimas, C. A. (1996). Investigación cualitativa. Icfes, Bogotá, Colombia.
- Cole, N.A.; Clark, R.N.; Todd, R.W.; Richardson, C.R.; Gueye, A.; Greene, L.W. & McBride, K. (2005) Influence of dietary crude protein concentration and source on potential ammonia emissions from beef cattle manure. *Journal of Animal Science* 83, 722–731
- Contreras, A. (2011). Dinámica de recuperación de la vegetación, en zonas degradadas de la cuenca de las Salinas Grandes, Provincia de Catamarca. Tesis de grado. FCEFyN-UNC
- Cotrufo M. F., Wallenstein M.D., Boot C.M., Deneff, K. & Paul, E. (2013). The Microbial Efficiency-Matrix Stabilization (MEMS) framework integrates plant litter decomposition with soil organic matter stabilization: do labile plant inputs form stable soil organic matter?. *Global Change Biology* 19, 988-995
- Danes, M.A.C.; Chagas, L.J.; Pedroso, A.M. & Santos, F.A.P. (2013) Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. *J. Dairy Sci*, 96, 407–419.
- Decreto 136/2009, de 1 de septiembre, de aprobación del programa de actuación aplicable a las zonas vulnerables en relación con la contaminación de nitratos que proceden de fuentes agrarias y de gestión de las deyecciones ganaderas. Diari Oficial de Generalitat de Catalunya
- Departamento de Agricultura y Alimentación. (2010) Uso de los estiércoles en la fertilización agrícola, y su justificación en relación con la normativa aragonesa (estudio de un ejemplo concreto, utilizando purines porcinos, y en situación de Zonas Vulnerables). Núm. 219: Dirección General de Desarrollo Rural, Gobierno de Aragón, España.

- De Gea, G. S. (2004). La cabra criolla de las sierras de los Comechingones, Córdoba. Universidad Nacional de Río Cuarto, 1ra Edición.
- De Gea, G. S. (2005). El ganado caprino en la Argentina. Antecedentes para su estudio. Cap. 1, Pág. 15-16
- Dirección General de Tecnología Agraria, Centro de Técnicas Agrarias. (2003). Estiércoles, nitrógeno y cargas ganaderas: Criterios para la valoración del contenido de nitrógeno de los estiércoles, según la unión europea., Departamento de Agricultura, Gobierno de Aragon, Núm. 123.
- Díaz, S.; Demissew, S.; Carabias J., Joly, C.; Lonsdale, M. et al. (2015). The IPBES Conceptual Framework — connecting nature and people. Current Opinion in Environmental Sustainability, Volume 14, Pages 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2014.11.002>
- Díaz, R., Ricarte, A., Pereyra, D. & Guzmán, L. (2019). Estimación del contenido de nitrógeno, fósforo y potasio del estiércol de cabra. Revista Tecnoárido, Año 1 - N° 1, Cap. 8
- Flores E.; Echazú F.; Califano, L. & Gaspar, S. (2015). Una mirada a la producción artesanal de quesos de cabra en sistemas familiares de localidades del departamento Humahuaca, Jujuy, Argentina. Resúmenes Segundo Congreso del Foro de Universidades Nacionales para la Agric. Familiar. Jujuy.
- Ferro Moreno, S. (2015). Análisis estratégico de los sistemas agroalimentarios agroindustriales de la carne caprina de las provincias de la Pampa y San Luis, Argentina. 1a ed. Anguil, La Pampa. Ed. INTA. ISBN 978-987-521-603-7
- Gioffredo, J. J. & Petryna, A. (2010). Caprinos: generalidades, nutrición, reproducción e instalaciones. Universidad Nacional de Río Cuarto, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Cátedra de Producción Ovina y Caprina. Documento de Trabajo. Río Cuarto, Argentina. Recuperado de: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/ovina_y_caprina_curso_fav/122-curso_UNRC.pdf
- Herrero, M. A.; Gil. S. B.; Rebuelto, M. & Sardi G. M. I. (2014). La producción animal y el ambiente. Conceptos, interacciones y gestión. Bmpress. Buenos Aires. Argentina

- Hoyos, L.E., Cingolani, A.M., Zak, M.R., Vaieretti, M.V., Gorla, D.E. & Cabido, M.R., (2013). Deforestation and precipitation patterns in the arid Chaco forests of central Argentina. *App. Veg. Sci.* 16, 260–271.
- Iglesias Martínez, L. (1994). El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. Madrid: Hojas Divulgadores Núm 1/94, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Irañeta Goika, J., Lasa, B., Amézqueta Alegría, J., Carro E. & Sáez, R. (2007) Pautas de utilización de los residuos ganaderos como fertilizante. *Dossier Vida Rural*, Sept. 2007.
- Karlin, M. S.; Bachmeier, O., Dalmaso, A., Sayago, J. M. & R. Sereno. (2011). Environmental dynamics in Salinas Grandes, Catamarca (Argentina). *Arid Land Research and Management* 25(4): 328-350
- Karlin, M. S, Karlin U. O., Coirini, R. O, Reati, G. J. & Zapata, R. M. (2013). El Chaco Árido. Universidad Nacional de Córdoba. Encuentro Grupo Editor.
- Karlin, U. O., Catalán, L. A, Coirini, R. O, Karlin, M. S, Tamburini, D., Torres, R. & Contreras A. M. (2020). La naturaleza y el hombre en el Chaco Seco. *Red Agroforestal Chaco Argentina*, Universidad Nacional de Córdoba.
- Kirchmann, H., & Witter, E. (1989). Ammonia volatilization during aerobic and anaerobic manure decomposition. *Plant and Soil*, 115(1), 35–41.
<https://doi.org/10.1007/BF02220692>
- Leslie, D. M. & Starkey E. E. (1985). Fecal Indices to Dietary Quality of Cervids in Old-Growth Forests. *The Journal of Wildlife Management* Vol. 49, N° 1, pp. 142-146
- Martínez-Salgado, C. (2012). El muestreo en investigación cualitativa: principios básicos y algunas controversias. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17(3):613-619
- Maubecin, R. A. (1990). Producción caprina. Pág. 1-22. Córdoba, Argentina
- Meglioli, P. A., Aranibar J. N., Villagra, P. E., Alvarez, J. A. & Jobbagy, E. G. (2014). Livestock stations as foci of groundwater recharge and nitrate leaching in a sandy desert of the Central Monte, Argentina. *Ecohydrology*. 7, 600–611

- Ministerio de Agricultura y Ganadería (2020) PRODECCA: Programa de desarrollo de la cadena caprina: Plan Cuenca Caprina 2020. Gobierno de la Provincia de Córdoba.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2011). Caracterización del sector caprino en la Argentina. Recuperado de: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/procal/estudios/04_Caprino/SectorCaprino_Argentina.pdf
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2013) Electrificación rural para el desarrollo pecuario del departamento 25 de Mayo. PROSAP (Programa de servicios agrícolas provinciales), San Juan. Recuperado de: <http://www.prosap.gov.ar/docs/SJuan-Electrificacion25DeMayo-PPI.pdf>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España. (1997) Análisis de Sustrato: Residuos y subproductos de explotaciones ganaderas - Estiércol Caprino. Recuperado de: https://www.mapa.gob.es/app/sustratos-cultivo/consulta_analisis.asp?tipo=2&sustrato=48&analisis=53#
- Ostle N.J., Smith P., Fisher R. et al. (2009). Integrating plant–soil interactions into global carbon cycle models. *Journal of Ecology* 97, 851-863.
- Osuhor, C. U.; Alawa, J. P. & Akpa, G. N. (2002) Research note: Manure production by goats grazing native pasture in Nigeria. *Tropical Grasslands*, Volume 36, 123-125.
- Ragonese, A. E. & Castiglioni, J. C. (1970). La vegetación del Parque Chaqueño. *Bol. Sociedad Argentina de Botánica* 11 (Supl.) pp: 133-160
- Sáenz García, A.A. (2007). Ovinos y Caprinos. Universidad Nacional Agraria Nicaragua. p 58-64
- Silvetti F. (2012) Trayectoria histórica de la territorialidad ganadera campesina en el oeste de la Provincia de Córdoba (Argentina). *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 9(3):333-367.
- Silvetti, F., Cáceres, D. M., Soto, Gustavo & Cabrol, D. (2018). Condiciones de persistencia campesina y dinámica del Agronegocio en el Norte de la Provincia de Córdoba (Argentina). *Revista FAVE - Ciencias Agrarias* 17 (1)

- Silvetti, F. (2020). Representaciones campesinas sobre los servicios forrajeros del Chaco Seco en Córdoba, Argentina. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias*, 19(1), 81-95. <https://doi.org/10.14409/fa.v19i1.9455>
- Sirotnak, J. M., & Huntly, N. J. (2000). Direct and indirect effects of herbivores on nitrogen dynamics: voles in riparian areas. *Ecology*, 81(1), 78–87.
- Smeriglio, A., Bogarin M. & López, S. (2016) Conceptos básicos en el ganado caprino. INTA Ediciones. EEA Las Breñas. 1er Edición.
- Suarez, V., Martínez, G., Olmos, L., Arapa, C., Cortez, H., Rojas, M., Brihuega, B., Santillán, G., Álvarez, I., & Gos, M. (2020). Problemas sanitarios de las majadas caprinas en los sistemas familiares de los valles calchaquies (Payogasta, Salta). *FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 19(2), 40-49.
- Sosa, Oscar (2005). Los estiércoles y su uso como enmiendas orgánicas. *Revista Agromensajes* (16) 30-34
- Suárez, V., Martínez, G., Olmos, L., Arapa, C., Cortez, H., Rojas, M., Brihuega, B., Santillán, G., Álvarez, I., & Gos, M. (2020). Problemas sanitarios de las majadas caprinas en los sistemas familiares de los valles calchaquies (Payogasta, Salta). *FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 19(2), 40-49.
- Tártara, E. J. & Coirini, R. (1987). Sistemas de Uso Múltiple para el Chaco Árido - Enfoque Económico. V Reunión de Intercambio Tecnológico en Zonas Áridas y Semiáridas. La Rioja, pp: 118-153.
- Tsakoumagkos, P.; Soverna, S. & Craviotti, C. (2000). Campesinos y pequeños productores en las regiones agroeconómicas de Argentina Dirección de Desarrollo Agropecuario PROINDER. Serie documentos de formulación 2. Buenos Aires.
- Tortosa, G., Albuquerque J. A., Ait-Baddi, G. & Cegarra, J. (2012) The production of commercial organic amendments and fertilisers by composting of two-phase olive mill waste (“alperujo”). *Journal of Cleaner Production* Vol. 26 48-55.
- Zhu, W.; Xu, W.; Wei, C.; Zhang, Z.; Jiang, C. & Chen, X. (2020). Effects of Decreasing Dietary Crude Protein Level on Growth Performance, Nutrient Digestion, Serum

Metabolites, and Nitrogen Utilization in Growing Goat Kids (*Capra. hircus*). *Animals*,
10, 151. <https://doi.org/10.3390/ani10010151>

Anexo 1

Tabla A1. Ajuste de las áreas de corrales por imagen satelital.

N° Identificadorio	Áreas Google Earth (m2)	Áreas Ajustadas (m2)	N° Identificadorio	Áreas Google Earth (m2)	Áreas Ajustadas (m2)
1	46	39,9	46	711	782,5
2	145	150,4	47	519	568,1
3	147	152,7	48	148	153,8
4	67,8	64,2	49	376	408,4
5	191	201,8	50	189	199,6
6	127	130,3	51	83,8	82,1
7	52,6	47,3	52	65	61,1
8	193	204,0	53	497	543,5
9	139	143,7	54	150	156,0
10	142	147,1	55	91,7	90,9
11	72,1	69,0	56	137	141,5
12	108	109,1	57	61,7	57,4
13	128	131,5	58	22,4	13,5
14	56,2	51,3	59	67,3	63,7
15	64,7	60,8	60	268	287,8
16	272	292,3	61	83,1	81,3
17	42	35,4	62	125	128,1
18	91,5	90,7	63	85,9	84,4
19	57,3	52,5	64	380	412,9
20	241	257,6	65	582	638,4
21	113	114,7	66	427	465,3
22	160	167,2	67	215	228,6
23	67	63,3	68	798	879,6
24	79,6	77,4	69	706	776,9
25	108	109,1	70	159	166,1
26	30,2	22,2	71	576	631,7
27	184	194,0	72	92,3	91,6
28	134	138,2	73	66,5	62,8
29	590	647,4	74	93,9	93,4
30	211	224,1	75	214	227,5
31	427	465,3	76	48,3	42,5
32	117	119,2	77	190	200,7
33	81,3	79,3	78	329	355,9
34	182	191,8	79	64,4	60,4
35	176	185,1	80	196	207,4
36	140	144,9	81	320	345,9
37	53,2	47,9	82	282	303,4
38	36,9	29,7	83	139	143,7
39	264	283,3	84	613	673,1
40	130	133,7	85	510	558,0
41	85,9	84,4	86	171	179,5
42	116	118,1	87	182	191,8
43	120	122,5	88	272	292,3
44	289	311,2	89	453	494,4
45	44	37,7	90	238	254,3

Tabla A1(cont). Ajuste de las áreas de corrales medidas por imagen satelital.

N° Identificadorio	Áreas Google Earth (m2)	Áreas Ajustadas (m2)	N° Identificadorio	Áreas Google Earth (m2)	Áreas Ajustadas (m2)
91	128	131,5	136	40,9	34,2
92	122	124,8	137	671	737,8
93	282	303,4	138	866	955,6
94	67,1	63,4	139	173	181,7
95	357	387,2	140	73,7	70,8
96	175	183,9	141	105	105,8
97	100	100,2	142	431	469,8
98	179	188,4	143	399	434,1
99	176	185,1	144	55,5	50,5
100	125	128,1	145	311	335,8
101	108	109,1	146	605	664,1
102	425	463,1	147	63,3	59,2
103	192	202,9	148	1184	1310,7
104	102	102,4	149	135	139,3
105	250	267,7	150	1206	1335,3
106	323	349,2	151	1047	1157,7
107	131	134,8	152	94	93,5
108	29,9	21,9	153	31,6	23,8
109	73,2	70,3	154	583	639,6
110	113	114,7	155	65,7	61,9
111	70,7	67,5	156	114	115,8
112	21,4	12,4	157	277	297,8
113	536	587,1	158	57,2	52,4
114	89,6	88,6	159	102	102,4
115	829	914,3	160	48,7	42,9
116	31,3	23,5	161	388	421,8
117	1175	1300,6	162	47,8	41,9
118	255	273,3	163	100	100,2
119	47,8	41,9	164	19,8	10,6
120	131	134,8	165	254	272,2
121	133	137,0	166	478	522,3
122	36,1	28,8	167	35	27,6
123	53,8	48,6	168	114	115,8
124	460	502,2	169	22,1	13,2
125	1716	1904,8	170	14,8	5,0
126	547	599,4	171	26,8	18,4
127	706	776,9	172	140	144,9
128	121	123,6	173	82,9	81,1
129	16	6,4	174	50,6	45,0
130	1074	1187,9	175	69	65,6
131	81,4	79,4	176	1214	1344,2
132	83,1	81,3	177	239	255,4
133	110	111,4	178	475	519,0
134	132	135,9	179	2400	2668,6
135	533	583,7			

Tabla A2. Medición de la profundidad de guano en cada corral relevado.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Profundidad (cm)	35	6	55	29	45	23	15	12	12
	43	5	60	26	37	22	23	13	14
	45	7	53	21	30	31	20	11	8
	30	4	45	16	33	26	17	9	9
	29	3	55	47	32	25	9	12	13
Profundidad Promedio (cm)	36,4	5	53,6	27,8	35,4	25,4	16,8	11,4	11,2

Tabla A3. Registro de los datos relevados a campo y cálculos de cantidad de cabras por m² y de guano acumulado por m² por año en cada corral.

	Profundidad promedio		Área (m2)	Tiempo (meses)	Cant. de cabras	Cant. de cabras por m2	Volumen de guano por m2 (m3)	Volumen de guano por m2 por año (m3)
	cm	m						
1	36,4	0,364	51,62	54	30	0,58	0,364	0,081
2	5	0,05	88,57	3	20	0,23	0,050	0,200
3	53,6	0,536	105,06	96	45	0,43	0,536	0,067
4	27,8	0,278	162,75	30	90	0,55	0,278	0,111
5	35,4	0,354	252	12	100	0,40	0,354	0,354
6	25,4	0,254	42	48	20	0,48	0,254	0,064
7	16,8	0,168	81,78	5	46	0,56	0,168	0,403
8	11,4	0,114	189,2	3	60	0,32	0,114	0,456
9	11,2	0,112	199,12	10	100	0,50	0,112	0,134
						$\bar{x} = 0,45$		$\bar{x} = 0,208$

Tabla A4. Estimación de volumen y biomasa de guano acumulado anualmente por corral.

	Áreas (m2)	Volumen de guano acumulado por año (m3)	Biomasa de guano generada por año (toneladas)		Áreas (m2)	Volumen de guano acumulado por año (m3)	Biomasa de guano generada por año (toneladas)
1	39,9	8,30	5,3	31	119,2	24,79	15,9
2	150,4	31,29	20,1	32	79,3	16,50	10,6
3	152,7	31,76	20,4	33	191,8	39,89	25,6
4	64,2	13,36	8,6	34	185,1	38,49	24,7
5	201,8	41,98	26,9	35	144,9	30,13	19,3
6	130,3	27,11	17,4	36	47,9	9,97	6,4
7	47,3	9,83	6,3	37	29,7	6,18	4,0
8	204,0	42,44	27,2	38	283,3	58,93	37,8
9	143,7	29,90	19,2	39	133,7	27,81	17,8
10	147,1	30,59	19,6	40	84,4	17,56	11,3
11	69,0	14,36	9,2	41	118,1	24,56	15,7
12	109,1	22,70	14,5	42	122,5	25,48	16,3
13	131,5	27,34	17,5	43	311,2	64,74	41,5
14	51,3	10,67	6,8	44	37,7	7,83	5,0
15	60,8	12,64	8,1	45	153,8	31,99	20,5
16	292,3	60,79	39,0	46	408,4	84,95	54,5
17	35,4	7,37	4,7	47	199,6	41,51	26,6
18	90,7	18,86	12,1	48	82,1	17,08	10,9
19	52,5	10,92	7,0	49	61,1	12,71	8,1
20	257,6	53,59	34,4	50	156,0	32,45	20,8
21	114,7	23,86	15,3	51	90,9	18,91	12,1
22	167,2	34,78	22,3	52	141,5	29,43	18,9
23	63,3	13,17	8,4	53	57,4	11,94	7,7
24	77,4	16,10	10,3	54	13,5	2,81	1,8
25	109,1	22,70	14,5	55	63,7	13,24	8,5
26	22,2	4,63	3,0	56	287,8	59,86	38,4
27	194,0	40,35	25,9	57	81,3	16,91	10,8
28	138,2	28,74	18,4	58	128,1	26,65	17,1
29	224,1	46,62	29,9	59	84,4	17,56	11,3
30	465,3	96,79	62,0	60	412,9	85,88	55,0

Tabla A4(cont). Estimación de volumen y biomasa de guano acumulado anualmente por corral.

	Áreas (m2)	Volumen de guano acumulado por año (m3)	Biomasa de guano generada por año (toneladas)
61	465,3	96,79	62,0
62	228,6	47,55	30,5
63	166,1	34,54	22,1
64	91,6	19,05	12,2
65	62,8	13,06	8,4
66	93,4	19,42	12,4
67	227,5	47,32	30,3
68	42,5	8,83	5,7
69	200,7	41,74	26,8
70	355,9	74,03	47,5
71	60,4	12,57	8,1
72	207,4	43,14	27,7
73	345,9	71,94	46,1
74	303,4	63,11	40,5
75	143,7	29,90	19,2
76	179,5	37,33	23,9
77	191,8	39,89	25,6
78	292,3	60,79	39,0
79	494,4	102,83	65,9
80	254,3	52,89	33,9
81	131,5	27,34	17,5
82	124,8	25,95	16,6
83	303,4	63,11	40,5
84	63,4	13,20	8,5
85	387,2	80,53	51,6
86	183,9	38,26	24,5
87	100,2	20,84	13,4
88	188,4	39,19	25,1
89	185,1	38,49	24,7
90	128,1	26,65	17,1
91	109,1	22,70	14,5
92	463,1	96,33	61,7
93	202,9	42,21	27,1
94	102,4	21,30	13,7
95	267,7	55,68	35,7
96	349,2	72,64	46,6
97	134,8	28,04	18,0
98	21,9	4,56	2,9
99	70,3	14,61	9,4
100	114,7	23,86	15,3
101	67,5	14,03	9,0
102	12,4	2,58	1,7
103	88,6	18,42	11,8
104	23,5	4,88	3,1
105	273,3	56,84	36,4

	Áreas (m2)	Volumen de guano acumulado por año (m3)	Biomasa de guano generada por año (toneladas)
106	41,9	8,71	5,6
107	134,8	28,04	18,0
108	137,0	28,50	18,3
109	28,8	6,00	3,8
110	48,6	10,11	6,5
111	123,6	25,72	16,5
112	6,4	1,33	0,9
113	79,4	16,52	10,6
114	81,3	16,91	10,8
115	111,4	23,16	14,8
116	135,9	28,27	18,1
117	34,2	7,11	4,6
118	181,7	37,80	24,2
119	70,8	14,73	9,4
120	105,8	22,00	14,1
121	469,8	97,72	62,6
122	434,1	90,29	57,9
123	50,5	10,50	6,7
124	335,8	69,85	44,8
125	59,2	12,31	7,9
126	139,3	28,97	18,6
127	93,5	19,45	12,5
128	23,8	4,95	3,2
129	61,9	12,87	8,3
130	115,8	24,09	15,4
131	297,8	61,95	39,7
132	52,4	10,90	7,0
133	102,4	21,30	13,7
134	42,9	8,92	5,7
135	421,8	87,73	56,2
136	41,9	8,71	5,6
137	100,2	20,84	13,4
138	10,6	2,21	1,4
139	272,2	56,61	36,3
140	27,6	5,74	3,7
141	115,8	24,09	15,4
142	13,2	2,74	1,8
143	5,0	1,05	0,7
144	18,4	3,84	2,5
145	144,9	30,13	19,3
146	81,1	16,87	10,8
147	45,0	9,36	6,0
148	65,6	13,64	8,7
149	255,4	53,13	34,1
TOTAL		4584,93	2938,9
Max.		102,83	65,9
Min.		1,05	0,7

Tabla A5. Densidad de guano en peso seco

Nombre	Peso Seco (g)	Densidad (g/cm ³)	Densidad (kg/m ³)	Densidad (t/m ³)
A	56,5	0,42	425	0,42
B	50,0	0,38	376	0,38
C	51,5	0,39	387	0,39
D	51,5	0,39	387	0,39
E	55,0	0,41	414	0,41
F	68,0	0,51	511	0,51
G	50,5	0,38	380	0,38
H	53,0	0,40	399	0,40
I	67,5	0,51	508	0,51
J	53,5	0,40	402	0,40
K	63,0	0,47	474	0,47
PROMEDIO	56,4	0,42	424	0,42

Tabla A6. Densidad de guano en peso húmedo.

Muestra	Peso Fresco (g)	Densidad (g/cm ³)	Densidad (kg/m ³)	Densidad (t/m ³)
A	88,5	0,67	665,7	0,7
B	82	0,62	616,8	0,6
Promedio	85,25	0,64	641,2	0,6

Anexo 2



Imagen 1. Extracción de muestras de guano del corral con un sacabocado



Imagen 2. Medición de la profundidad de guano acumulado en el corral.



Imagen 3. Embolsado de las muestras de guano extraídas del corral para su posterior procesamiento en la laboratorio.



Imagen 4. Entrevista a campo con un productor de La Patria.