



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Efecto de la estructura del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones locales de Venado Cola Blanca, *Odocoileus virginianus goudotii*, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Colombia)**

**Carolina Mateus Gutiérrez**

**Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Instituto de Ciencias Naturales  
Bogotá D.C.  
2014**



**Efecto de la estructura del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones locales de Venado Cola Blanca, *Odocoileus virginianus goudotii*, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Colombia)**

**Carolina Mateus Gutiérrez**  
**Código: 190311**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
Magíster en Ciencias-Biología  
Línea Conservación y Manejo de Vida Silvestre

Director  
Hugo Fernando López Arévalo  
Profesor Asistente PhD.  
Instituto de Ciencias Naturales

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias  
Instituto de Ciencias Naturales  
Bogotá D.C.  
2014



*Mi mami Esperanza, a papi Eccehomo, a mi hermano Ricardo y a mis princesas Isabelita y Sarita quienes a lo largo del tiempo me han visto crecer y evolucionar en el ámbito personal y profesional. Especialmente dedicada a mí amada hermana **Viviana Paola**, quien después de haberse ido a descansar eternamente con los ángeles, sigue cultivando en mí la esperanza, fortaleza y deseos por vivir, cumplir sueños y metas, pero sobre todo las ganas inmensas de salir adelante.*



## **Agradecimientos**

*Deseo comenzar por agradecer a Dios, quién me ha permitido vivir paso a paso la vida junto con mi familia, quienes en medio de tristezas, preocupaciones y alegrías me apoyaron de muchas maneras en la realización de esta investigación y a la maestría.*

*Igualmente, agradezco a la Universidad Nacional de Colombia, al Instituto de Ciencias Naturales y especialmente a los profesores de la línea en MCVS por la formación académica y humana brindada durante estos años.*

*A mi director de tesis, el profesor Hugo López, al profesor Pedro Sánchez y a Ángela Camargo por la guía y consulta proporcionadas para el desarrollo de la investigación. A la profesora Sonia por sus comentarios y apreciaciones en el proyecto y en el documento. A la profesora Olga por brindarme ánimo para culminar esta etapa.*

*A PNN por el otorgamiento del permiso de Investigación PIDB DTAO N° 01-010, prórroga del DTAO CH-31 10/08. A Carlos Lora, Jaqui, Raquelita, Luz Dary, doña Gloria, Urías, don Guzmán y don Alirio del PNN-Ch por el apoyo logístico y su valiosa amistad durante la fase de campo.*

*A la Fundación Zoológico Santacruz, por su hospitalidad y facilidad para el desarrollo de una parte del estudio.*

*A mis papás y a Camilo, por todo el apoyo incondicional y colaboración económica y logística para el desarrollo de la fase de campo de la investigación.*

*A los laboratorios de ecología e investigaciones en biología vegetal, especialmente a la profesora Argenis Bonilla y Mónica Cuervo por haberme facilitado la disponibilidad del*

*laboratorio y de los equipos y durante el trabajo de laboratorio. A Nubia y Betsy por la determinación de las muestras botánicas. A Felber por la ayuda en los análisis estadísticos.*

*A los asistentes de investigación en campo y laboratorio: Tomás, Camilo, Cesar, Diego, Catalina, Paola, Sandy, Carolina S. y Carolina C. por su amistad y apoyo desmedido y comprensión en todo momento. Al grupo de estudiantes de la UMNG por su colaboración en campo.*

*A Mónica por su valiosa amistad y apoyo durante estos cinco años. A Betsy, Vlady, Blanquita, Nubecita y demás compañeros de la oficina por su motivación continua para la terminación de este importante ciclo.*

*A todos, en especial a los que ya no están, a los que se han ido, pero que aún siguen presentes en el corazón, ¡GRACIAS!*

## Resumen

Se evaluó el efecto del hábitat sobre los parámetros demográficos de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el Parque Nacional Natural Chingaza. Se estimó el tiempo de descomposición de los grupos fecales, tasa de defecación, densidad poblacional, los parámetros poblacionales y las características del hábitat en Monterredondo y la Mina. El tiempo de descomposición fue de 277.79 días, la tasa de defecación de 23.26 grupos fecales/ind/día, la densidad de 11.555 ind/km<sup>2</sup> para Monterredondo y de 15.075 ind/km<sup>2</sup> para la Mina. Las tasas vitales fueron:  $R_0(\text{ind})$ :1.46,  $T(\text{ind/año})$ :1.62,  $r(\text{ind/ind*año})$ :0.23 y  $\lambda$ :1.26 para la población de Monterredondo y  $R_0$ :1.56,  $T$ :1.63,  $r$ :0.27 y  $\lambda$ :1.31 para la Mina. La densidad se correlacionó con la presencia de ganado (0.72), de depredadores (0.85), con la distancia a fuentes de agua (0.24), la altitud (0.4) y el % de visibilidad a 10 m (0.84) y estuvo inversamente correlacionada con la riqueza de plantas (-0.66) y el tipo de cobertura del estrato dominante (-0.77). La población de venados en los dos sectores está en crecimiento.

**Palabras clave** Tasa de defecación, tiempo de descomposición, parámetros poblacionales, características del hábitat, venado cola blanca, Parque Nacional Natural Chingaza.

## Abstract

The effect of habitat on demographic parameters of two local populations of white-tailed deer in the Parque Nacional Natural Chingaza was evaluated. Decay time of fecal groups, defecation rate, population density, population parameters and habitat characteristics in Monterredondo and Mina was estimated. The decay time was 277.79 days, defecation rate of 23.26 fecal groups / ind / day, the density of 11,555 ind / km<sup>2</sup> for Monterredondo and 15,075 ind / km<sup>2</sup> for Mina. Vital rates were:  $R_0$  (ind): 1.46,  $T$  (ind / year): 1.62,  $r$  (ind / ind \* year) and  $\lambda$  0.23: 1.26 for the population of Monterredondo and  $R_0$ : 1.56  $T$ : 1.63,  $r$  0.27 and  $\lambda$ : 1.31 for Mina. Density was correlated with the presence of cattle (0.72), predators (0.85), with distance from source water (0.24), the height (0.4) and the % visibility at 10 m (0.84) and was inversely correlated with the richness of plants (-0.66) and the type of coverage the dominant layer (-0.77). The deer population in the two sectors is growing.

**Key words:** defecation rate, decay time, population parameters, habitat characteristics, whitetail deer, Parque Nacional Natural Chingaza.

# Contenido

	Pág.
<b>Resumen .....</b>	<b>IX</b>
<b>Lista de figuras.....</b>	<b>XIV</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Estimación del tiempo de descomposición de grupos fecales y de la tasa de defecación del venado cola blanca, <i>Odocoileus virginianus goudotii</i>, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia) .....</b>	<b>13</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>13</b>
1.1 Introducción .....	16
1.1.1 El muestreo de grupos fecales .....	16
1.1.2 Tasa de defecación y tiempo de descomposición.....	17
1.1.3 Estimación de densidad-conteo de grupos fecales.....	17
1.2 Materiales y métodos.....	18
1.2.1 Area de estudio .....	18
1.2.2 Muestreo .....	20
1.3 Resultados.....	22
1.3.1 Tiempo de descomposición de los grupos fecales del venado cola blanca.....	22
1.4 Discusión .....	35
1.4.1 Tiempo de descomposición- análisis prospectivos, vs análisis retrospectivo ...	38
1.4.2 Tasa de defecación del venado cola blanca .....	39
1.5 Conclusiones y recomendaciones.....	42
1.6 Literatura citada .....	43
<b>2. Estimación de los tamaños poblacionales, estructura de edades y tasas vitales de dos poblaciones locales de Venado Cola Blanca <i>odocoileus virginianus goudotii</i>, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia).....</b>	<b>49</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>49</b>
2.1 Introducción .....	51
2.1.1 Tamaño poblacional .....	51
2.1.2 Estructura de edades .....	53
2.1.3 Parámetros demográficos.....	54
2.2 Materiales y métodos.....	55
2.2.1 Área de estudio .....	55
2.2.2 Muestreo .....	56

XII Efecto de la estructura del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones locales de Venado Cola Blanca, *Odocoileus virginianus goudotii*, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Colombia)

---

2.2.3 Estimación del Tamaño poblacional.....	56
2.2.4 Clases de edad- tamaño mínimo muestral de pellets por grupo fecal.....	58
2.2.5 Clases de edad- Muestra de referencia y grupos desconocidos.....	59
2.2.6 Parámetros demográficos.....	60
2.3 Resultados .....	60
2.3.1 Tamaño de muestra: número total de grupos fecales.....	60
2.3.2 Tamaño de muestra: número de grupos fecales por parcelas.....	61
2.3.3 Densidad promedio de venados cola blanca/km <sup>2</sup> , estimada con las técnicas de muestreo FSC-P, FAR-P, FSC-TL y FAR-TL .....	63
2.3.4 Clases de edad .....	64
2.3.5 Parámetros demográficos.....	68
2.4 Discusión.....	71
2.4.1 Tamaño poblacional.....	71
2.4.2 Clases de edad, tablas de vida vertical y tasas vitales .....	74
2.5 Conclusiones.....	75
2.6 Recomendaciones.....	76
2.7 Literatura citada.....	76
<b>3. Efecto del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones locales de venado cola blanca <i>Odocoileus virginianus goudotii</i>, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia) .....</b>	<b>81</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>81</b>
Palabras clave: características del hábitat, parámetros demográficos, Chingaza, venado cola blanca.....	81
<b>3.1 Introducción .....</b>	<b>82</b>
<b>3.2 Materiales y métodos.....</b>	<b>83</b>
<b>3.2.1 Área de estudio .....</b>	<b>83</b>
3.2.2 Muestreo.....	84
<b>3.3 Resultados .....</b>	<b>87</b>
3.3.1 Características del hábitat.....	87
3.3.2 Parámetros demográficos .....	91
<b>3.4 Discusión.....</b>	<b>94</b>
Tabla 6. Variables del hábitat que han sido detectadas en otros estudios como importantes para el mantenimiento del venado cola blanca.....	95
<b>3.5 Conclusiones .....</b>	<b>99</b>
<b>3.6 Recomendaciones .....</b>	<b>100</b>
<b>3.7 Literatura citada .....</b>	<b>100</b>
<b>4. Implicaciones y recomendaciones para el manejo y conservación de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el Parque Nacional Natural Chingaza</b>	<b>107</b>
<b>4.1 Aportes de la investigación.....</b>	<b>107</b>

---

<b>4.2 Importancia de las poblaciones estudiadas y del PNN Chingaza .....</b>	<b>108</b>
<b>4.3 Otras investigaciones .....</b>	<b>109</b>
<b>4.4 Literatura citada.....</b>	<b>109</b>

## Lista de figuras

	Pág.
<b>Capítulo I</b>	
Figura 1 Localización de los sectores Mina y Monterredondo, en el Parque Nacional Natural Chingaza. (Fuente: Parques Nacionales Naturales 2005).	19
Figura 2. Cambios de apariencia y color más frecuentes de los pellets de grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza, de acuerdo con el envejecimiento transcurrido.	25
Figura 3. Otros cambios de color poco frecuentes evidenciados durante el seguimiento a los grupos fecales de venado cola blanca N° 6 del sector de la Mina y N° 9 de Monterredondo.	26
Figura 4. Formas de descomposición registrada en los grupos fecales de venado cola blanca a lo largo de 241 días de seguimiento en el PNN Chingaza. A: caída de hojas, B: crecimiento de plantas vasculares y no vasculares, C: impacto de la lluvia, D: envejecimiento de los pellets.	27
Figura 5. Regresión logística de la probabilidad del tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza entre julio de 2009 y marzo de 2010 (n=34). Donde 0= se descompuso el grupo fecal; 1= sobrevivió el grupo fecal. $X= 427,2$ días.	30
Figura 6. Número de grupos fecales defecados por el venado cola blanca, <i>Odocoileus virginianus goudotii</i> , en el PNN Chingaza en julio y octubre de 2009 (n=9).	31
Figura 7. Gráfica de medias (95%) de las tasas de defecación de venados cola blanca mantenidos en condiciones de cautividad en el Zoológico Santacruz y de dos grupos (silvestre47 y silvestre9) en condiciones silvestres en el PNN Chingaza.	33
Figura 8. Gráfica de medias de las tasas de defecación reportadas en este estudio comparadas con las reportadas por Correa-Viana 1991 (A), Perez-Mejía et al 2004 (B), Eberhart & Van Etten 1956 (C), esta investigación venados silvestres (D), Rogers 1987 (E) y esta investigación venados cautividad (F).	35

## Capítulo II

- Figura 1. Localización de los sectores Mina y Monterredondo, en el Parque Nacional Natural Chingaza. (Fuente: Parques Nacionales Naturales, 2005). 56
- Figura 2. Disposición de las parcelas en un transecto de banda fija de 400 m x 3.4 m. **¡Error! Marcador no definido.** 57
- Figura 3. Histograma del número de grupos fecales censados y limpiados por parcelas en 120 parcelas en el sector de Monterredondo (A) y 120 parcelas en el sector de La Mina (B), PNN Chingaza. 62
- Figura 4. Histograma del número de grupos fecales colectados por parcelas en 120 parcelas en el sector de Monterredondo (A) y 120 parcelas en el sector de La Mina (B), PNN Chingaza, luego de 47 y 35 días de depósito, respectivamente. 62
- Figura 5. Histograma del número de grupos fecales colectados por parcelas en 120 parcelas en el sector de Monterredondo (A) y 120 parcelas en el sector de La Mina (B), PNN Chingaza, luego de 134 y 141 días de depósito, respectivamente 63
- Figura 6. Agrupación por K-medias. M= Machos, H= Hembras, J= Juveniles, C= Cervatillos 65
- Figura 7. Análisis de Correspondencia de variables de tamaño de pellets, con visualización del Agrupamiento Jerárquico. Cluster 1= principalmente Machos, Cluster 2= Principalmente Hembras, Cluster 3= Juveniles, Cluster 4= Cervatillos 66
- Figura 8. Curvas de supervivencia de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el PNN Chingaza 70
- Figura 9. Esperanza de vida de poblaciones locales de venado cola blanca del PNN Chingaza. 70

## Capítulo III

- Figura. 1 Localización de los sectores Mina y Monterredondo, en el Parque Nacional Natural Chingaza. (Fuente: Parques Nacionales Naturales, 2005). 84
- Figura. 2 Grafico de ordenación del HCPCA, donde se evalúan los dos primeros ejes de ordenación del PCA y se muestra la distribución de los puntos de muestreo. Cada color representa un grupo identificado por el agrupamiento jerárquico. 93

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Capítulo I</b>	
Tabla 1. Descripción de dos sectores del PNN Chingaza en donde fueron defecados y monitoreados 46 grupos fecales para evaluar el tiempo de descomposición de los grupos fecales del venado cola blanca ( <i>Odocoileus Virginianus Goudotii</i> ).	23
Tabla 2. Tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza entre julio de 2009 y marzo de 2010 (n=46) obtenido por análisis prospectivo. H: prueba de Kruskal Wallis y U: prueba de Mann Whitney, *El grupo fecal se consideró descompuesto cuando se encontraron menos de cinco pellets.	29
Tabla 3. Tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza entre julio de 2009 y marzo de 2010 (n=34) obtenido por análisis retrospectivo.	29
Tabla 4. Tasa de defecación por sexo, clases de edad y total del venado cola blanca, en condiciones silvestres en Monterredondo (PNN Chingaza) y de cautiverio en el Zoológico Santacruz (noviembre de 2008 y julio y octubre de 2009)	32
Tabla 5. Tasas de defecación de venado cola blanca reportadas en otros estudios en Estados Unidos, México y Venezuela, se incluye las calculadas en este estudio.	34
<b>Capítulo II</b>	
Tabla 1. Número de grupos fecales censados por medio de transectos de parcelas y transectos de banda fija, en los sectores Monterredondo (Sec.1) y La Mina (Sec. 2) del PNN Chingaza.	61
Tabla 2. Estimación de densidad de venados/km <sup>2</sup> obtenida por el conteo de grupos fecales usando las técnicas FSC y FAR en transectos de parcelas y transectos de banda fija en los sectores de Monterredondo (Sec. 1) y La Mina (Sec. 2) entre septiembre de 2009 y marzo de 2010.	64
Tabla 3. Número total de grupos fecales colectados durante los dos muestreos en	

los sectores de Monterredondo y la Mina en el PNN Chingaza, entre septiembre de 2009 y marzo de 2010. Entre paréntesis se presenta el número de grupos fecales usados para la clasificación en las clases de edad por sector y muestreo.

Tabla 4. Número de individuos de venado cola blanca distribuidos en las clases de edad: adultos, juveniles y cervatillos, correspondientes a 497 grupos fecales colectados en transectos de banda fija en los sectores de Monterredondo y la Mina entre septiembre de 2009 y marzo de 2010. 67

Tabla 5. Tasas vitales para dos poblacionales locales de venado cola blanca en dos sectores del PNN Chingaza. Ro: Tasa reproductiva neta, T: tiempo generacional, r: tasa intrínseca de crecimiento poblacional y  $\lambda$ : tasa finita de crecimiento poblacional. 68

Tabla. 6 Densidad poblacional ( $\text{ind}/\text{km}^2$ ) calculada a partir del censo de grupos fecales en diferentes hábitats de Colombia y México 69

### Capítulo III 72

Tabla 1 Variables del hábitat para dos sectores del PNN Chingaza. Se presenta el promedio, la desviación estándar entre paréntesis y el valor de P para la prueba de Mann Whitney ( $\alpha=0,05$ ). 88

Tabla 2 Familias y especies de plantas registradas en dos sectores del PNN Chingaza. \*Especies de plantas que hacen parte de la dieta del venado cola blanca de acuerdo con Mateus-Gutiérrez & López Arévalo (en preparación). 88

Tabla 3 Tasas vitales para dos poblacionales locales de venado cola blanca en dos sectores del PNN Chingaza. Ro: Tasa reproductiva neta, T: tiempo generacional, R: tasa intrínseca de crecimiento poblacional y  $\lambda$ : tasa finita de crecimiento poblacional. 91

Tabla 4 Valores de explicación de las componentes del PCA para las variables: % visibilidad a 10 m, altitud, riqueza de especies botánicas, altura del estrato dominante y cobertura del estrato dominante en el PNN Chingaza. 92

Tabla 5 Aporte de las variables para la construcción de las componentes. En negrita se resaltan los valores más significativos para cada componente. 93

Tabla 6. Variables del hábitat que han sido detectadas en otros estudios como importantes para el mantenimiento del venado cola blanca. 95



# Introducción

## Antecedentes generales

La ecología de poblaciones trata de entender cómo las poblaciones de plantas, animales y otros organismos cambian en el tiempo y de un lugar a otro y cómo estas poblaciones interactúan con su ambiente. Este conocimiento puede ser usado para predecir el tamaño o la distribución de una población; para estimar la cantidad en que una población incrementará o decrecerá; o para estimar el número de individuos que pueden ser cosechados, asegurando una probabilidad alta de una cosecha similar en el futuro (Akçakaya *et al.* 1999). La dinámica de cualquier población animal es función de la densidad poblacional, la estructura de edades, la proporción de sexos, la tasa de crecimiento y las tasas de natalidad y mortalidad (Ezcurra & Gallina 1981).

Los individuos que integran una población de vertebrados no son idénticos; la estructura demográfica es la que más importa en la dinámica poblacional porque se refiere a la frecuencia de las clases de edad o tamaño, segregadas por sexo. Esta estructura adquiere una importancia singular en el estudio de la dinámica poblacional cuando las tasas de supervivencia y fecundidad varían según la edad (Caughley & Sinclair 1994, Ojasti 2000).

Por su parte, el conocimiento de la densidad poblacional permite llevar a cabo comparaciones entre dos poblaciones en una misma época del año o en la misma población en años consecutivos. Éstas permiten conocer las tendencias en las poblaciones silvestres, sobre todo en áreas grandes o en periodos largos de tiempo (Gallina 1994).

Conocer la proporción de sexos y la estructura de edades de una población suministra indicios importantes sobre la historia reciente, el estado actual (tasa de supervivencia relativa, fecundidad y la tasa de crecimiento de la población) y probablemente las

tendencias futuras inmediatas (Gallina 1994, Dimmick & Pelton 1996, Ojasti 2000). Cada población tiene una estrategia demográfica que establece las pautas generales de su dinámica poblacional, lo cual depende de las condiciones del hábitat, la densidad poblacional, la interferencia humana y la variación de un año a otro. Los factores responsables de la estructura poblacional son muchos y complejos, por lo que Ojasti (2000) aconseja sumo cuidado al extrapolar el futuro de una población a partir de su estructura en un momento dado.

En ungulados se ha demostrado que diferentes edades y sexos responden diferencialmente a factores como la densidad poblacional y el clima (Clutton-Brock & Lonergan 1994, Coulson *et al.* 2001), conduciendo a que independientemente del tamaño poblacional, las fluctuaciones en la estructura poblacional tengan fuertes impactos en su dinámica (Coulson *et al.* 2001).

## **El hábitat**

El hábitat es un concepto relacionado a una especie particular y algunas veces incluso a una población particular de planta o animal (Morrison *et al.* 1998). El hábitat es definido como los recursos y condiciones presentes en un área que producen la ocupación, incluyendo supervivencia y reproducción por un organismo dado. El hábitat implica más que la vegetación o su estructura, pues es la suma de los recursos específicos que son necesarios para una población (Hall *et al.* 1997, Morrison *et al.* 1998).

El hábitat es especie-específico ya que todos los componentes necesarios para la reproducción y supervivencia no son los mismos para todas las especies (Krausman 1999). Cada animal silvestre tiene requisitos específicos de hábitat y para cualquier especie, su abundancia y distribución en un área determinada, están limitados por la calidad, cantidad y disponibilidad de hábitat (Gysel & Lyon 1980).

Los requerimientos de hábitat específicos se refieren a necesidades de la población como alimentación, refugio, descanso y reproducción. Además, las necesidades de una población en particular pueden variar dependiendo de la edad o el sexo del organismo, la época del año, la hora del día y la proximidad de un tipo de hábitat a otro (Scalet *et al.* 1996).

En un hábitat óptimo la cantidad y arreglo de las áreas de alimentación y cobertura, producen un uso máximo por los animales, sobre la máxima área disponible, sin que la vegetación se deteriore. Mandujano (1994) plantea que el hábitat óptimo del venado cola blanca debe tener coberturas de escape, de traslado, de protección contra el clima, de pernoctación y de descanso durante el día, además de áreas de alimentación, apareamiento, nacimiento y crianza. Por otro lado debe proporcionar alimento y agua en la cantidad y calidad adecuadas. La cantidad relativa de estos factores, el tamaño y la forma de las comunidades vegetales y la relación espacial (estructura horizontal) entre ellos, es lo que va a posibilitar que un hábitat sea adecuado para mantener una población de una especie de venado, en las condiciones necesarias para su desarrollo.

## **Relación hábitat-vida silvestre**

En algunas poblaciones de fauna se han evidenciado efectos del hábitat sobre la densidad o abundancia, mientras que para otras no. Los factores que influyen en la abundancia de la fauna silvestre, como por ejemplo en los venados, son muy variados e incluyen desde el clima, los parásitos, las enfermedades y los depredadores en donde se incluyen los cazadores, hasta la disponibilidad de alimento en el hábitat (Galindo –Leal & Weber 1998). En otros estudios se menciona que las variables como la pendiente, la altura, cobertura, diversidad de árboles, el área basal de árboles, la cobertura de arbustos y la disponibilidad de alimento, explican la variación en la abundancia o distribución de las poblaciones silvestres (Matter 2000, Avey 2001, Rios-Uzeda *et al.* 2005).

En otros mamíferos, la densidad se ha relacionado con el área del hábitat, mostrando patrones de incremento, disminución y densidad constante con el tamaño del hábitat (Bowers & Matter 1997, Connor *et al.* 2000, Matter 2000). De tal manera que para algunas poblaciones, las áreas con mayor densidad tienen hábitats de mejor calidad (Pettorelli *et al.* 2001, Marsden & Whiffin 2003), mientras que para otras, la mayor densidad no tiene ninguna relación con los lugares de mejor calidad de hábitat (Wheatley *et al.* 2002).

## **El venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*)**

El venado cola blanca en Colombia se ha identificado como una especie carismática, por su tamaño, porte y porque no es común ver estos animales en ambientes naturales. Una excepción en Colombia se da en los departamentos del Casanare y Vichada donde hay poblaciones numerosas de la especie (Guzmán 2005) y en el Parque Nacional Natural Chingaza en donde desde hace unos años es relativamente fácil observar venados cerca de la capital colombiana.

El venado cola blanca se distribuye en Colombia desde los 0 hasta los 4000 m de altura, en las regiones Andina, Caribe, Orinoquía y Amazonía. En términos de conservación la especie se encuentra en bajo riesgo dependiente de la conservación, LRcd (Alberico *et al.* 2000, López-Arévalo & González- Hernández 2006).

El uso del venado cola blanca por las comunidades humanas en el país se ha documentado desde épocas históricas. Los registros arqueológicos manifiestan que desde el doceavo milenio antes del presente la especie ha tenido un alto valor cinegético para la gente. Los grupos de cazadores recolectores subsistían principalmente de la cacería del venado cola blanca y del curí (*Cavia porcellus*) en el altiplano cundinamarqués (Peña & Pinto 1996). Otros investigadores mencionan que hace 9000 años antes del presente, los grupos de cazadores-recolectores utilizaban al venado cola blanca como una importante fuente de alimentación y como una herramienta para su supervivencia, debido a que con sus huesos fabricaban diferentes utensilios y con su piel se abrigan (Correal & Van Der Hammen 1977, Rincón 2001).

Actualmente, en los departamentos de Boyacá (municipios de Socha y Tasco) y Cundinamarca (municipio de la Calera) las comunidades humanas usan al venado cola blanca como mascota, elemento decorativo, en el comercio y en celebraciones religiosas (Blanco & Zabala 2003, Vélez 2004). En estos municipios, la cacería es una actividad tradicional transmitida de generación a generación con fines recreativos principalmente, seguida por la caza de subsistencia y de control.

El venado cola blanca como muchas otras especies de fauna silvestre, ha generado intereses científicos y cinegéticos en Colombia. En el año 2006 se planteó la posibilidad

de capturar venados del sector de Monterredondo en el PNN Chingaza para que fueran reintroducidos al Parque Nacional Natural Los Nevados (PNN Nevados), donde se presumía que la especie estaba extinta. Sin embargo, no fue viable la reintroducción porque se detectaron vacíos de información en los aspectos ecológico, genético y de salud animal, tanto en la población receptora como en la población donante más probable (Mateus-Gutiérrez 2006).

Los concedores del PNN Chingaza proponen que las poblaciones del venado cola blanca se han recuperado y se encuentran en aumento, de acuerdo con sus observaciones de forma continua y por comentarios de visitantes y guardaparques durante los últimos 15-20 años. Así mismo, se sugiere que algunos factores como el tipo de vegetación, recurrencia de incendios, presencia de perros ferales y la cacería sobre la especie, podrían estar ejerciendo algún efecto considerable sobre las tasas vitales, la estructura de edades y el tamaño de las poblaciones de esta especie en el parque. Sobre estos hechos y hasta la fecha no existe la información científica que valide estas observaciones.

Los estudios sobre el venado cola blanca en condiciones *in situ* se han concentrado en las poblaciones presentes en el PNN Chingaza; sin embargo éstos no explican el estado actual de las poblaciones en el parque. En primer lugar, no se han realizado investigaciones sobre los riesgos epidemiológicos intra e interespecíficos, ni sobre la diferenciación genética de la subespecie presente. En segundo lugar los estudios ecológicos se han limitado a la identificación de 32 especies de plantas consumidas, comportamiento alimentario, la densidad poblacional y estudios cortos sobre la abundancia poblacional, caracterización y uso de hábitat (Ramos 1995, Mora & Mosquera 2000, León *et al.* 2003, Mateus-Gutiérrez *et al.* 2003, González, *et al.* 2004, Rodríguez *et al.* 2004).

Finalmente y aunque existe información sobre algunos de los aspectos de la ecología de las poblaciones de venado cola blanca en el PNN Chingaza, puede mencionarse que la falta de información sobre los parámetros demográficos (tasas vitales, la estructura de edades, proporción de sexos, el tamaño poblacional), la evaluación de la calidad del hábitat (variables incluidas en los atributos de forraje, cobertura, disponibilidad de agua, relieve, presencia de depredadores, factores antropogénicos y complejidad de la

vegetación) y el efecto de las variables del hábitat sobre las características demográficas han impedido el planteamiento, ejecución y monitoreo de acciones de manejo con las poblaciones del venado cola blanca del PNN Chingaza.

Por lo anterior, este estudio buscó dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la relación entre las características del hábitat y los parámetros demográficos de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el PNN Chingaza?

## **Hipótesis**

Las condiciones favorables de refugio, disponibilidad de fuentes de agua y de alimento generan densidades altas y tasas altas de supervivencia de cada clase de edad de la población de venado cola blanca en el PNN Chingaza.

## **Objetivo general**

Comparar el efecto de la estructura del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones de venado cola blanca en el PNN Chingaza.

## **Objetivos específicos**

- Establecer los tamaños poblacionales, estructura de edades y tasas vitales de dos poblaciones de venado cola blanca en el PNN Chingaza.
- Establecer las diferencias entre la estructura del hábitat en dos sectores y su efecto sobre las tasas vitales de dos poblaciones de venado cola blanca en el PNN Chingaza.

Los resultados de este estudio se presentan en tres capítulos independientes, los cuales fueron contruidos a manera de artículo, tal como se indica a continuación: el primero se refiere a la estimación del tiempo de descomposición de grupos fecales y de la tasa de defecación del venado cola blanca *Odocoileus virginianus goudotii*, en el PNN Chingaza; el segundo describe la estimación de los tamaños poblacionales, estructura de edades y tasas vitales para las dos poblaciones locales de venado cola en el área protegida y el tercero explora el efecto de las características del hábitat sobre los parámetros demográficos de las dos poblaciones de venado cola blanca.

## Literatura citada

AKÇAKAYA, H. R., M. BURGMAN & L. GIZBURG. 1999. Applied Population Ecology. Second edition. Applied Biomathematics. New York.

ALBERICO, M., A. CADENA, J. HERNÁNDEZ-CAMACHO & Y. MUÑOZ-SABA. 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. Biota Colombiana 1(1): 43-75

AVEY J. 2001. Habitat relationships between a sympatric mule and white-tailed deer population in south-central Texas. Thesis Master of Science in Wildlife Science. Texas Tech University.

BLANCO, L. & A. ZABALA. 2005. Recopilación del conocimiento local sobre el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) como base inicial para su conservación en la zona amortiguadora del Parque Nacional Natural Pisba, en los municipios de Tasco y Socha. Tesis de grado, Escuela de Biología, Universidad pedagógica y Tecnológica. Tunja. Boyacá.

BOWERS, M. A. & S. F. MATTER. 1997. Landscape ecology of mammals: relationships between density and patch size. Journal of Mammalogy 78: 999–1013.

CAUGHLEY, G. & A. R. E. SINCLAIR. 1994. Wildlife ecology and management. Blackwell Scientific Publications. Boston.

CLUTTON-BROCK, T. H. & M. E. LONERGAN. 1994. Culling regimes and sex ratio biases in highland red deer. The Journal of Applied Ecology 31: 521-527.

CONNOR, E. F., COURTNEY, A. C. & YODER, J. 2000. Individuals- area relationships: the relationship between animal population density and area. Ecology 81(3): 734-748.

CORREAL, U. G. & T. VAN DER HAMMEN. 1977. Investigaciones Arqueológicas en los abrigos rocosos del Tequendama: 11.000 años de prehistoria en la Sabana de Bogotá. Biblioteca Banco Popular. Bogotá.

COULSON, T., E. A. CATCHPOLE, S. D. ALBON, B. J. T. MORGAN, J. M. PEMBERTON, T. H. CLUTTON-BROCK, M. J. CRAWLEY & B. T. GRENFELL. 2001.

Age, sex, density, winter weather, and population crashes in Soay sheep. *Science* 292: 1528-1531.

DIMMICK, R. W. & M. R. PELTON. 1996. Criteria of sex and age. Págs. 169-214 EN: BOOKHOUT, T. A (ed.). *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Fifth edition. The Wildlife Society. Bethesda, MD., USA.

EZCURRA, E. & S. GALLINA. 1981. Biology and population dynamics of white-tailed deer in northwestern Mexico. Págs. 77-108 En: FFOLLIOTT P. F. & S. GALLINA (eds). *Deer biology, habitat requirements, and management in western North America*. Instituto de Ecología, A. C. México.

GALINDO-LEAL C., & M. WEBER. 1998. *El venado de la Sierra Madre Occidental. Ecología, Manejo y conservación*. Primera edición. EDICUSA-CONABIO. 273 pp.

GALLINA, S. 1994. Dinámica poblacional y manejo de la población de venado cola blanca en la Reserva la Biosfera la Mochila, Durango- México. Págs. 207-234 En: VAUGHAN, C. & M. A. RODRÍGUEZ (eds.). *Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica*. Ed. Euna. Primera edición. Heredia, Costa Rica. 455 pp.

GONZÁLEZ- ZÁRATE, A., J. AGUIRRE-SANTORO, N. CHICA & T. GEYDAN. 2004. Evaluación del hábitat del venado cola blanca, *Odocoileus virginianus* en diferentes comunidades vegetales del Parque Nacional Natural Chingaza. Proyecto de Ecología Regional Continental, VIII semestre, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

GUZMÁN, A. 2005. Análisis de las experiencias colombianas de manejo ex situ de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) como aporte a su conservación. Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

GYSEL L.W. & LYON L.J. 1980. Análisis y evaluación de hábitat. En: RODRÍGUEZ TARRÉS. *Manual de técnicas de gestión de vida silvestre*. Wildlife Society, Maryland.

HALL, L. S., P. R. KRAUSMAN & M. L. MORRISON. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* 25 (1): 173-182

KRAUSMAN, P. 1999. Some basic principles of habitat use. En: LAUNCHBAUGH, K. I., K. D. SANDERS & J. C. MOSLEV (Eds). Grazing behaviour of livestock and wildlife. Idaho Forest, Wildlife & Range. University of Idaho, Moscow, ID. 85-90 p.

LEÓN, C., A. OTÁLORA, J. PULECIO & D. VALENCIA. 2003. Estimación preliminar de la abundancia y estado de la población de venado cola blanca, *Odocoileus virginianus* (Zimmermann, 1780) en el Parque Nacional Natural Chingaza. Proyecto de Ecología Regional Continental, VIII semestre, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

LÓPEZ-ARÉVALO H.F & A. GONZALEZ-HERNÁNDEZ. 2006. Venado Sabanero *Odocoileus virginianus*. En: RODRIGUEZ-M., J.V., M. ALBERICO, F. TRUJILLO & J. JORGENSON (eds). 2006. Libro rojo de los Mamíferos de Colombia. Serie de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Conservación Internacional, ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Bogotá, Colombia.

MANDUJANO, S. 1994. Método para evaluar el hábitat del venado cola blanca en un Bosque de Coníferas. Pp 283- 297. En: VAUGHAN, C. & M. A. RODRÍGUEZ (eds.). 1994. Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica. Ed. Euna. Primera edición. Heredia, Costa Rica. 455 pp.

MARSDEN, S. J. & M. WHIFFIN. 2003. The relationship between population density, habitat position and habitat breadth within a neotropical forest bird community. *Ecography* 26: 385–392.

MATEUS-GUTIÉRREZ, C. 2006. Estudio biológico que determine la viabilidad de la reintroducción del venado cola blanca, *Odocoileus virginianus*, al Parque Nacional Natural Los Nevados. Informe Técnico Final de consultoría. Contrato 116 de 2005. Parques Nacionales Naturales. Bogotá.

-----, J. ARIAS, A. MONTAÑEZ & J. ROMERO. 2003. Acercamiento a la dieta del venado cola blanca en las praderas de Monterredondo, PNN Chingaza. Cundinamarca. Proyecto de Ecología Regional Continental, VIII semestre, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

MATTER S.F. 2000. The importance of the relationship between population density and habitat area. *OIKOS* 89(3): 613-619.

MORA, C. & S. MOSQUERA. 2000. Estudio preliminar del comportamiento alimenticio del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus goudotii*) en el ecosistema de subpáramo y páramo del parque Nacional Natural Chingaza en Cundinamarca-Meta, Colombia. Tesis de grado, departamento de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

MORRISON, M., B. MARCOT & W. MANNAN. 1998. Wildlife-habitat relationships. The University of Wisconsin Press. USA

OJASTI, J. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. DALLMEIER, F. (ed). SIMAB Series No. 5. Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C.

PEÑA, G. & M. PINTO. 1996. Mamíferos más comunes en sitios precerámicos de la Sabana de Bogotá. Guía ilustrada para arqueólogos. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Julio Carrizosa Valenzuela No6. Santa fe de Bogotá-Colombia.

PETTORELLI N., J.M. GAILLARD, P. DUNCAN, J. P. OUELLET & G. VAN LAERE. 2001. Population density and small-scale variation in habitat quality affect phenotypic quality in roe deer. *Oecologia* vol. 128, no3, pp. 400-405

RAMOS, D. 1995. Determinación de la dieta y utilización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus goudotii*, Gay y Gervais, 1846) en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cordillera Oriental, Colombia). Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

RINCÓN, L.S. 2001. Arqueozoología del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), en el sitio San Carlos, municipio de Funza, Sabana de Bogotá. *En* Grupo en conservación y manejo de vida silvestre. 2004. Memorias taller para la definición de la estrategia de conservación y manejo del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) con énfasis en los Andes colombianos. Resúmenes-Ponencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 6 de marzo de 2004. Digital.

RÍOS-UZEDA B., H. GÓMEZ & R.B. WALLACE. 2005. Habitat preferences of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*) in the Bolivian Andes. *Journal of Zoology* 268: 271–278

RODRÍGUEZ, G., A. RODRÍGUEZ, Y. VARGAS & A. ZULUAGA. 2004. Comparación de la densidad de población y características del hábitat entre dos zonas específicas del Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia. Proyecto de Ecología Regional Continental, VIII semestre, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

SCALET, CH. G., L. D. FLAKE & D. W. WILLIS. 1996. *Introduction to wildlife and fisheries: an integrated approach*. W. H. Freeman and Company. USA. 512 p.

WHEATLEY M. K.W. LARSEN & S. BOUTIN. 2002. Does density reflect habitat quality for north American red squirrels during a spruce-cone failure?. *Journal of Mammalogy* 83 (3):716–727.



# 1. Estimación del tiempo de descomposición de grupos fecales y de la tasa de defecación del venado cola blanca, *Odocoileus virginianus goudotii*, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia)

Estimated time of decomposition group fecal and rate of defecation of white-tailed deer, *Odocoileus virginianus goudotii* in the Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia).

Carolina Mateus-Gutiérrez<sup>1</sup>, Hugo Fernando López-Arévalo<sup>2</sup>, Pedro Sánchez Palomino<sup>3</sup>.

## Resumen

Entre julio de 2009 y marzo de 2010 y con la finalidad de conocer el tamaño poblacional del venado cola blanca en los sectores de la Mina y Monterredondo en el PNN Chingaza, se estimó la tasa de defecación y el tiempo de descomposición de los grupos fecales del venado cola blanca. En Monterredondo se siguieron 46 venados (14 hembras adultas, 21 machos adultos, 5 adultos no identificados, 4 juveniles y 2 cervatillos) en cuatro eventos de muestreo y se esperó a que los animales defecaran. Posteriormente cada grupo fecal fresco fue localizado, identificado y marcado. El 34.7% de las muestras

---

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Naturales

<sup>2</sup> Instituto de Ciencias Naturales

<sup>3</sup> Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

[cmateusg@unal.edu.co](mailto:cmateusg@unal.edu.co), [hflopeza@unal.edu.co](mailto:hflopeza@unal.edu.co), [psanchezp@unal.edu.co](mailto:psanchezp@unal.edu.co).

colectadas en Monterredondo fueron ubicadas y marcadas en la Mina, mientras que las restantes se dejaron, en el mismo lugar en donde fueron depositados por cada animal. Se encontró que el tiempo de descomposición calculado por análisis prospectivo fue de 277.79 días (mediana), mientras que por análisis retrospectivo fue de 427.21 días. Los tiempos de descomposición estimados con los análisis prospectivos fueron similares entre los periodos de muestreo y entre sectores. Se recomienda el uso del tiempo obtenido por el análisis prospectivo para realizar cálculos del tamaño poblacional. De otra parte, en noviembre de 2008 se evaluó la tasa de defecación de la especie en condiciones de cautividad en el Zoológico Santacruz, mientras que en agosto y octubre de 2009 se evaluó con venados silvestres en el sector de Monterredondo, del PNN Chingaza. En este sector se siguieron 47 venados silvestres (24 hembras, 8 machos y 15 juveniles) durante 376 horas no consecutivas y sólo en horas luz, mientras que en cautiverio se observaron cinco venados (dos hembras y tres machos) durante 31 horas consecutivas. Se encontró que en el Área Protegida, los venados defecan en promedio 23.26 grupos fecales/individuo/día. La tasa de defecación fue similar entre adultos y juveniles y entre sexos en adultos. En cautiverio la tasa de defecación para el grupo de venados fue calculada en 7.59 grupos fecales/individuo/día. La tasa de defecación de los venados silvestres fue diferente a la calculada para los individuos en cautiverio. Las tasas de defecación calculadas en esta investigación mostraron diferencias respecto a las obtenidas por otros investigadores. El tiempo de descomposición y la tasa de defecación obtenidas en este estudio pueden usarse para calcular el tamaño poblacional del venado cola blanca en zonas altas del Parque Nacional Natural Chingaza.

**Palabras clave:** Tasa de defecación, tiempo de descomposición, grupos fecales, Chingaza, Colombia, venado cola blanca, *Odocoileus virginianus goudotii*.

## Abstract

In order to meet the population size of white-tailed deer at Parque Nacional Natural (PNN) Chingaza, the decay time of fecal groups and defecation rate for the species was estimated between July 2009 and March 2010 for La Mina and Monterredondo sectors of the protected area. In the latter sector, we followed 46 deer (14 adult females, 21 adult males, 5 unidentified adults, 4 juveniles and 2 fawns) during four sampling events and waited for the animals to defecate. Subsequently, each fresh fecal group was located, identified and marked. 34.7% of the collected samples at Monterredondo were taken to La Mina and marked there, while the rest were left in Monterredondo, in the same place where they were deposited by each animal. The decay times calculated by prospective analysis and retrospective analysis were 277.79 (median) and 427.21 days respectively. Decay times obtained by prospective analysis were similar between sampling periods and sectors. We recommend the use of decay times obtained by prospective analysis for calculations of population size. Furthermore, in November 2008 the defecation rate of the species in captivity at the Zoológico de Santacruz was assessed, while the same parameter was evaluated for wild deer at Monterredondo sector during August and October 2009. In this sector, 47 wild deer (24 females, 8 males and 15 juveniles) were followed during 376 non- consecutive daylight hours, while in captivity, five deer were observed (two females and three males) for 31 consecutive hours. We found that wild deer in the protected area defecated an average of 23.26 fecal groups / individual / day. The defecation rate between adults and juveniles was similar, as well as between sexes in followed adults. A defecation rate of 7.59 fecal groups / individual / day was calculated for the captive deer group. The calculated defecation rates for wild and captive deer were different. Defecation rates calculated in this study showed differences from those obtained by other researchers. The decay time and defecation rate obtained in this study can be used to estimate the population size of white-tailed deer in high lands of the PNN Chingaza.

**Keywords:** Defecation rate, decay time, fecal groups, Chingaza, Colombia, white-tailed deer, *Odocoileus virginianus goudotii*.

## 1.1 Introducción

La estimación de los tamaños poblacionales de algunas especies de fauna silvestre se han realizado a través de métodos de conteo directo y métodos indirectos. Los métodos directos se pueden separar en tres grandes grupos: conteo en transectos de franja y transectos de línea (Gates *et al.* 1968, Robinette *et al.* 1974, Eberhardt 1978, Focardi *et al.* 2002), captura-marcaje y recaptura (Nichols & Dickman 1996) y reconstrucción poblacional con base en datos de cacería (Cattadori *et al.* 2003).

Los métodos indirectos se basan en el número de rastros detectados por unidad de esfuerzo (Ojasti 2000) y los más utilizados son el conteo de huellas (Mayle *et al.* 2000, Mandujano 2005) y el conteo de grupos fecales (Neff 1968, Batcheler 1975, Bailey & Putman 1981, Freddy & Bowden 1983, Rivero *et al.* 2004). Los métodos de conteo directos en algunos casos no son útiles cuando se presentan condiciones como el acceso limitado al área de estudio (coberturas vegetales, relieve y otros), las características propias de la especie y los recursos económicos y logísticos para el estudio. Por lo tanto, una opción viable es utilizar los métodos de conteo indirecto basados en el registro de huellas y grupos fecales para estimar los tamaños poblacionales de una especie en particular.

### 1.1.1 El muestreo de grupos fecales

El muestreo de grupos fecales es el método más consolidado en la estimación de abundancia de cérvidos y otros herbívoros de mayor porte (Ojasti 2000). Inicialmente fue utilizado como índice de abundancia y luego evaluado como método para censar poblaciones de venado bajo los siguientes supuestos: 1) los animales tienen una tasa de defecación constante de trece (13) grupos fecales/venado/día, 2) se conoce la fecha de depósito de los grupos fecales, 3) todos los grupos en la parcela son contados y correctamente identificados, 4) el tamaño de la parcela es eficiente y 5) se obtienen estimaciones válidas del error de muestreo (Eberhardt y Van Etten 1956).

### **1.1.2 Tasa de defecación y tiempo de descomposición**

Varios estudios indican que la tasa de defecación varía de acuerdo con la edad y sexo del individuo, el tipo de alimento consumido y el clima. Por lo tanto pueden existir varias tasas de defecación para la misma especie en diferentes países y áreas de estudio (Rollins *et al.* 1984, Rogers 1987, Correa-Viana 1991, Pérez *et al.* 2004).

Prug & Krebs (2004) y Tsaparis *et al.* (2009), mencionan que al igual que la tasa de defecación, el tiempo o tasa de descomposición de los grupos fecales debe ser específica para cada tipo de hábitat dentro de un área de estudio, para evitar sesgos en la estimación de los tamaños poblacionales.

El tiempo de descomposición se puede estimar a través de estudios prospectivos o retrospectivos. En el método prospectivo se identifican grupos fecales frescos en un punto en el tiempo y luego se realizan múltiples visitas para determinar cuándo desaparecen los rastros. Sin embargo, los análisis por este método pueden producir estimaciones sesgadas si la tasa de deterioro varía estacionalmente, pues no obtiene el tiempo promedio de descomposición de los rastros presentes en el momento del estudio. Por otro lado, en el análisis retrospectivo se localizan y marcan grupos fecales frescos en varias fechas previas al estudio y luego se retorna para registrar si son o no visibles en el momento de la evaluación (Laing *et al.* 2003).

### **1.1.3 Estimación de densidad-conteo de grupos fecales**

Existen dos formas de usar los grupos fecales para estimar la densidad de los venados: La primera se realiza por el conteo de todos los grupos fecales presentes en las parcelas y la estimación del tiempo de descomposición de los mismos (FSC, Faecal Standing Crop) y la segunda se realiza examinando la tasa de acumulación de los grupos en parcelas fijas que son limpiadas regularmente (FAR, Faecal Accumulation Rate) (Wemmer *et al.* 1996, Marques *et al.* 2001). La segunda categoría a menudo produce estimaciones más exactas pero menos precisas que la primera debido a que el número de parcelas vacías suele ser mucho mayor (Bailey & Putman 1981, Nchanji & Plumptre 2001, Campbell *et al.* 2004).

En Colombia el muestreo de grupos fecales se ha usado para la estimación de la abundancia y densidad poblacional del venado cola blanca en el PNN Chingaza y en la reserva de los ríos Blanco y Negro (Ramos 1995, Garavito 2004, Rodríguez *et al.* 2004). En estas investigaciones la tasa de defecación que se usó fue de 12.7 grupos fecales/individuo/día y fueron obtenidos de Eberhardt & Van Etten (1956). Sin embargo y a pesar de que hay varias estimaciones que no son comparables, a la fecha no se conoce la abundancia de la especie en el PNN Chingaza, ni la seguridad de los métodos empleados.

En la presente investigación se estimó el tiempo de descomposición de grupos fecales de venado cola blanca en los sectores de Monterredondo y la Mina en el Parque Nacional Natural Chingaza, así como la tasa de defecación para los venados cola blanca en condiciones silvestres en el sector de Monterredondo y en condiciones de cautividad en la Fundación Zoológico Santacruz.

## **1.2 Materiales y métodos**

### **1.2.1 Area de estudio**

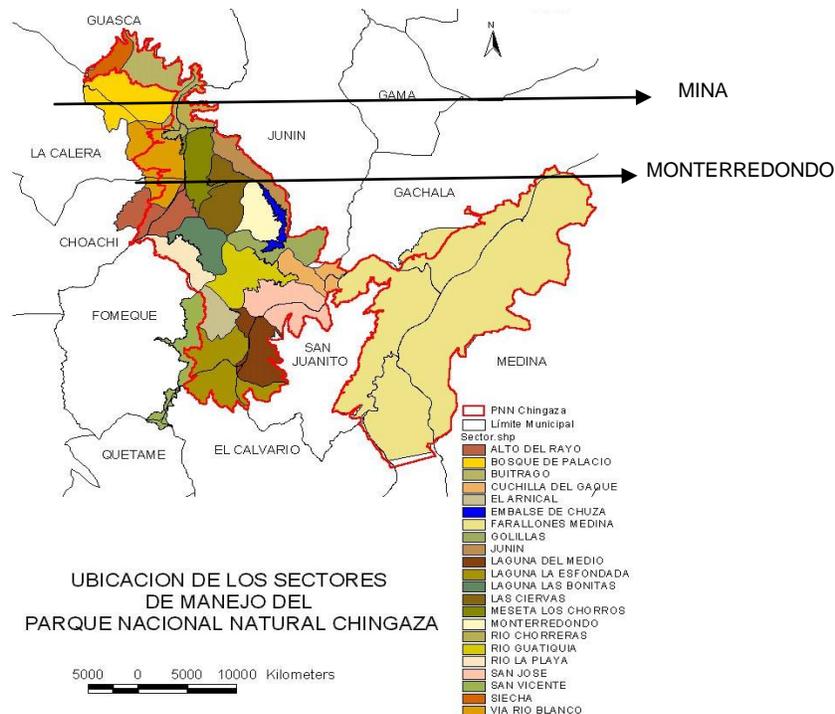
El PNN Chingaza se encuentra ubicado en Colombia, en la Cordillera Oriental, al nororiente de Bogotá en los 73° 30' y los 73° 55' de longitud oeste y los 4° 20' y 4° 50' de latitud norte. El rango altitudinal va desde los 800 hasta los 4020 msnm (Parques Nacionales Naturales 2005).

El parque se divide en 20 sectores (Fig. 1). La tasa de defecación se estimó solo en sector de Monterredondo, mientras que tiempo de descomposición se estimó tanto en Monterredondo como en el sector de la Mina.

El clima es monomodal pues las lluvias fuertes se concentran desde abril hasta finales de septiembre, mientras que los meses menos lluviosos van entre diciembre y marzo. El mes más seco es febrero con un promedio de 61.01 mm y el más húmedo junio con 350.36 mm (Rangel & Ariza 2000). Los valores de humedad relativa en el PNN Chingaza

sobrepasan el 80% durante todo el año, manteniéndose con frecuencia entre el 85 y 90% (Vargas & Pedraza 2004).

**Figura 1.** Localización de los sectores Mina y Monterredondo, en el Parque Nacional Natural Chingaza. (Fuente: Parques Nacionales Naturales 2005).



La vegetación del sector de Monterredondo corresponde a bosque subandino, en proceso de sucesión secundaria, mientras que la Mina se encuentra en una sucesión primaria bastante lenta desde 1996, fecha en la que se dejó de extraer piedra caliza como materia prima para el cemento (Madriñán 2010).

La Fundación Zoológico Santacruz se encuentra ubicada en el municipio de San Antonio del Tequendama, en el departamento de Cundinamarca. Se encuentra a 1860 msnm, con temperaturas que oscilan entre 18°C y 22°C y una humedad relativa de 79.93% (Fundación Zoológico Santacruz 2011). De acuerdo con la clasificación de Holdrige, el zoológico se encuentra ubicado en la zona de vida de Bosque Húmedo Premontano o Selva Subandina (CAR 2011).

## 1.2.2 Muestreo

La fase de campo para la evaluación del tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca se realizó entre julio de 2009 y marzo de 2010 en los sectores de Monterredondo y la Mina. La estimación de la tasa de defecación y en el sector de Monterredondo se realizó en las segundas semanas de los meses de julio y octubre del año 2009, mientras que en cautiverio se realizó en el Zoológico Santacruz en noviembre de 2008.

*Tiempo de descomposición de los grupos fecales del venado cola blanca:* Durante cuatro etapas de muestreo desarrolladas en julio, agosto y septiembre del 2009 se siguieron directamente 46 venados y se observaron hasta que cada uno defecó. Se reconoció el grupo fecal recién depositado por su temperatura cálida al tacto y el color verde oliva de los pellets. Se separó el grupo fecal fresco de otros grupos teniendo en cuenta el color, forma (pellets individuales o pellets en grupo o grupos), apariencia (brillante u opaca), textura (lisa, con surcos), consistencia (blanda o dura) y temperatura de los pellets al tacto. Se contaron todos los pellets y se extendieron sobre una cama del mismo sustrato en el que fueron depositados, de tal forma que durante el monitoreo fuera visible la totalidad del grupo fecal.

Se registró información de cada grupo fecal relacionada con la clase de edad y sexo cuando fue posible identificar el individuo que depositó el grupo (hembra, macho, juvenil y cervatillo); además se registró la localización geográfica, altitud, pendiente, el porcentaje de cobertura vegetal sobre el grupo fecal, el número y apariencia de los pellets.

Las muestras de Monterredondo fueron marcadas y numeradas con una cinta amarilla amarrada a un tubo de PVC de 70 cm de largo, mientras que las muestras de la Mina fueron marcadas con una cinta amarilla numerada y amarrada a las rocas del lugar.

El monitoreo de los grupos fecales se realizó en tres periodos de seguimiento (noviembre y diciembre de 2009 y marzo de 2010). Se registró el número de pellets individuales o en grupo presentes, el color, consistencia (blanda o dura), apariencia (brillante u opaca) y textura (lisa, surcos). Un grupo fecal se entendió como la agregación de cinco o más

pellets (Gallina 1994, Coronel *et al.* 2009). Por lo tanto un grupo fecal se consideró descompuesto cuando se encontraron menos de cinco pellets durante el monitoreo.

El tiempo de descomposición se calculó de dos formas:

- 2. Análisis prospectivo:** Se tuvieron en cuenta el número de días y el número de pellets que se descompusieron hasta cuando se vio el grupo por última vez (mínimo cinco pellets). Se calculó la tasa a la que se descompusieron dichos pellets. Posteriormente, se calculó el tiempo en el que debería descomponerse cada grupo hasta cuando quedaran cuatro pellets. Se analizó la distribución de frecuencias de la variable tiempo y según la asimetría se usó la media o la mediana para analizar si habían diferencias en el tiempo de descomposición de los grupos fecales entre los meses y periodos de muestreo (Kruskal Wallis) y para analizar las diferencias del tiempo de descomposición de los grupos fecales entre los dos sectores (Mann Whitney).
- 3. Análisis retrospectivo:** a diferencia del análisis anterior, sólo se tuvo en cuenta el número de días totales que duró el experimento para cada grupo fecal y el número de pellets que quedaron en el último muestreo (se reconoció como grupo cuando quedaron mínimo cinco pellets). Si el grupo fecal desapareció cuando se hizo la revisión se colocó 0; si por el contrario sobrevivió, se colocó 1. Se procedió a hacer una regresión logística y con base en la función obtenida se calculó el número de días para cuando desaparecieran la totalidad de los grupos.

*Tasa de defecación del venado cola blanca:* Este experimento se realizó en Monterredondo con venados en condiciones silvestres y en la Fundación Zoológico Santacruz con venados en condiciones de cautividad. El seguimiento de cinco venados en cautiverio se llevó a cabo entre el 20 y el 22 de noviembre de 2008 por tres personas durante 31 horas consecutivas. Por su parte, el seguimiento de los venados silvestres se realizó por dos personas durante las horas luz de nueve días (21 al 24 de julio y del 9 al 13 de octubre de 2009) e incluyó los periodos de mayor actividad determinados en el área de estudio, que corresponden al periodo entre las 6:00 y 9:00 horas y entre las 15:00 y 18:00 horas (Ramos 1995). Se determinó el número de grupos fecales por hora por individuo y se obtuvo el valor respectivo para las 24 horas.

La tasa de defecación para el venado cola blanca en el PNN Chingaza se calculó como el promedio del número de grupos fecales excretados por individuo/día. Se utilizó la prueba de Kruskal Wallis (H) para verificar si había diferencias significativas de las tasas de defecación de las hembras adultas y los machos adultos, entre los venados en cautiverio con los venados silvestres. Para verificar si habían diferencias significativas de la tasa de defecación de los juveniles entre los grupos de venados muestreados se realizó una prueba de Mann-Whitney (U). Finalmente, se utilizó una prueba de rangos múltiples (95%) para comparar las tasas de defecación obtenidas en este estudio con otros estudios.

## **1.3 Resultados**

### **1.3.1 Tiempo de descomposición de los grupos fecales del venado cola blanca**

De los 46 grupos fecales monitoreados en cuatro eventos de muestreo, el 87% fueron defecados por venados adultos, (46% machos, 30% hembras y 11% no identificados), el 8.7% por juveniles y el 4.3% por cervatillos. El 34.7% de las muestras colectadas en Monterredondo se llevaron, ubicaron y marcaron en la Mina, mientras que las restantes se dejaron en el mismo lugar en donde fueron depositados por cada animal en Monterredondo.

La tabla 1, muestra una descripción de cada sector en donde se monitoreó el tiempo de descomposición de los grupos fecales. Solamente cuatro de las 46 muestras fueron defecadas en zonas con cobertura vegetal vertical en el sector de Monterredondo. Los grupos fecales monitoreados en el sector de la Mina se localizaron a una altitud promedio de 3597 msnm y una pendiente promedio menor del uno por ciento.

Tabla 1. Descripción de dos sectores del PNN Chingaza en donde fueron defecados y monitoreados 46 grupos fecales para evaluar el tiempo de descomposición de los grupos fecales del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus goudotii*).

SECTOR	MUESTREO	N° GRUPOS FECALES	N° DE GRUPOS FECALES CON COBERTURA VEGETAL	% DE COBERTURA VEGETAL	PENDIENTE PROMEDIO (°)	ALTITUD PROMEDIO (msnm)
MONTERRE-DONDO	1	9	1	100	17.78	3065
	2	12	2	75	17.08	3060
	3	9	1	25	3.56	3059
MINA	4	16	0	0	0.88	3597
TOTAL		<b>46</b>	<b>4</b>			

Luego de observar hasta que un venado defecara se identificó el grupo fecal fresco y recién depositado cuando los pellets tenían las siguientes características: color verde oliva brillante, consistencia blanda, textura lisa completamente o con surcos y temperatura cálida. En algunas ocasiones se observó sangre y membranas sanguinolentas recubriendo algunos de los pellets del grupo fresco. Algunos grupos fecales contenían únicamente pellets individuales, o una combinación de pellets agrupados. Estas observaciones se hicieron en los grupos fecales tanto de hembras, machos, juveniles como de los cervatillos.

A partir de tres a seis días de monitoreo de los grupos fecales del primer muestreo, se observaron dos tipos de cambio respecto al clima: si había llovido los pellets eran de color café oscuro, brillante y de consistencia blanda. Mientras que los grupos fecales que fueron depositados en un día soleado y permanecieron al sol todo el día o la mayor parte de él, presentaron pellets de color café oscuro brillante y consistencia dura.

Después de 15 días los pellets seguían de color café oscuro, consistencia dura, pero de apariencia opaca. Los grupos fecales que se habían humedecido por la lluvia luego de que fueron depositados, se encontraron de un color que variaba entre café y verde, de

consistencia blanda y apariencia opaca. En algunos de estos grupos podía verse el impacto de las gotas de agua en los pellets, con lo cual se evidenció cambio en la forma en los mismos.

Cuando se revisó cada muestra luego de haber pasado un mes, se encontró que los pellets de los grupos fecales que estaban húmedos, y permanecían así generalmente, comenzaban a verse pequeñas manchas de color anaranjado o blanco. Sin embargo estas manchas desaparecían al cabo de unas horas o de días muy calurosos. Los grupos fecales que desde el comienzo se secaron, iban progresivamente cambiando el color a café claro opaco, seguían de consistencia dura, pero comenzaba a evidenciarse un cambio en la textura ya que de lisa pasaba a verse un poco de la fibra vegetal que conformaba cada pellet.

Los grupos fecales del primer muestreo que permanecieron y sobrevivieron luego de 242 días de monitoreo, eran de color café muy claro llegando a ser blancos, completamente opacos. En algunos casos, la consistencia era dura pero en otros era blanda hasta el punto de su desintegración durante la manipulación, dejando totalmente en evidencia la fibra vegetal que formaba cada pellet.

De forma general y de manera cualitativa se observó con mayor frecuencia que los pellets de los grupos fecales de venado cola blanca varían en color y apariencia comenzando en un verde oliva brillante (día 0), café oscuro brillante (0-6 días) y café oscuro opaco (6-50 días). Desde los 50 días en adelante los pellets comienzan a adquirir diferentes tonalidades del café desde el oscuro hasta el claro (Fig. 2). La fibra vegetal que conforma los pellets comenzó a ser evidente a partir de 21 días en las muestras de Monterredondo y de 36 en las muestras de la Mina.

Sin embargo se observaron cambios de color que no fueron frecuentes en la mayoría de los grupos fecales monitoreados, p.e, la muestra seis del cuarto muestreo a los 40 días tenía color blanco y permaneció así a los 72 y 180 días. Mientras que la muestra nueve del primer muestreo, tomó un color blanco a los trece días, café verdoso a los 64 días y terminó como la mayoría de los grupos: color café claro con visibilidad de fibra vegetal (Figura. 3).

**Figura 2.** Cambios de apariencia y color más frecuentes de los pellets de grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza, de acuerdo con el envejecimiento transcurrido.



0 días



6 días



30 días



65 días



139 días



238 días

**Figura 3.** Otros cambios de color poco frecuentes evidenciados durante el seguimiento a los grupos fecales de venado cola blanca N° 6 del sector de la Mina y N° 9 de Monterredondo.



GF: 6 (Mina). 0 días.



GF: 6 (Mina). 40 días.



GF: 6 (Mina). 72 días.



GF: 6 (Mina). 180 días.



GF: 9 (Monterredondo). 0 días.



GF: 9 (Monterredondo). 13 días.



GF: 9 (Monterredondo). 64 días.



GF: 9 (Monterredondo). 238 días.

Durante todo el monitoreo se identificaron varias formas de descomposición de los grupos fecales: crecimiento de plantas vasculares y no vasculares sobre los pellets, caída de hojas o ramas sobre las muestras, probable desplazamiento de los pellets del grupo fecal y el impacto de la lluvia (Figura. 4).

**Figura 4.** Formas de descomposición registrada en los grupos fecales de venado cola blanca a lo largo de 241 días de seguimiento en el PNN Chingaza. A: caída de hojas, B: crecimiento de plantas vasculares y no vasculares, C: impacto de la lluvia, D: envejecimiento de los pellets



Por otro lado, para nueve grupos fecales tanto de Monterredondo (6) como de la Mina (3) el monitoreo no culminó en marzo de 2010, dado que no se lograron encontrar las marcas correspondientes. Adicionalmente, otros tres grupos del sector de Monterredondo tuvieron dos tipos de intervenciones ajenas al experimento, por un lado el depósito de otros grupos fecales tanto de venado cola blanca como de perro feral sobre dos muestras y la remoción de otro grupo fecal y del suelo bajo éste, muy probablemente ocasionada por una especie de cusumbo.

Con base en lo anterior se modificó el tamaño de muestra únicamente para obtener los resultados del análisis retrospectivo, ya que la pérdida de marca, el depósito de otros grupos fecales y la remoción de las muestras por la búsqueda de alimento por parte de individuos u otras especies, no corresponde a una forma de descomposición del grupo fecal.

El número promedio de pellets iniciales de los 46 grupos fue de 80.24 +/- 30.06 (desviación) pellets/grupo fecal, mientras que el número final de pellets de los 26 grupos que sobrevivieron al finalizar el estudio fue de 39.35 +/-24.65 (desviación) pellets/grupo fecal

En la tabla 2 se presenta la información calculada por el análisis prospectivo. La variable tiempo de descomposición mostró asimetría hacia la izquierda para cuando todos los grupos fecales tuvieran mínimo cuatro pellets. Por esta razón se decidió tomar el valor de la mediana ya que el estadístico no se encuentra influenciado por los valores extremos. El tiempo de descomposición de los grupos fecales fue similar entre los dos sectores ( $U=268.0$   $P=0.526$ ;  $P>0.05$ ), así como el obtenido en los cuatro muestreos ( $H=0.975$ ,  $P=0.807$ ;  $P>0.05$ ), por lo tanto el tiempo de descomposición fue de 277.80 días (mediana).

De otra parte, el tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca utilizando el análisis retrospectivo fue de 427,21 días. La tabla 3 presenta la información recopilada del experimento y en la figura 5 la regresión de la probabilidad de descomposición de los grupos fecales en el área de estudio.

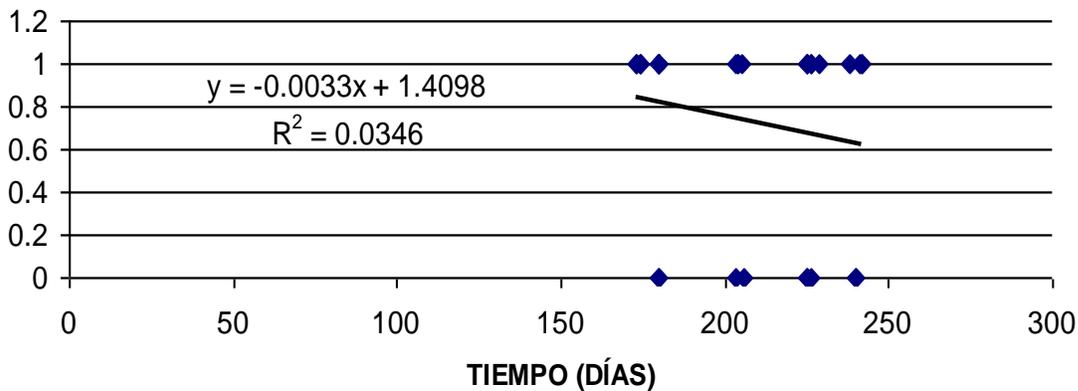
**Tabla 2.** Tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza entre julio de 2009 y marzo de 2010 (n=46) obtenido por análisis prospectivo. H: prueba de Kruskal Wallis y U: prueba de Mann Whitney, \*El grupo fecal se consideró descompuesto cuando se encontraron menos de cinco pellets.

SECTOR	N° MUESTROS	N° GRUPOS FECAL	N° PROMEDIO DE PELLETS INICIALES	TASA DE DESCOMPOSICIÓN PROMEDIO	MEDIANA DEL TIEMPO (DÍAS)	TEST H vs MUESTRAS	TEST U vs SECTORES
					DE LA DESCOMPOSICIÓN DEL GF *		
MONTERRED	1	9	83.56	0.28	248.571	H= 0.975	U=268.0
ONDO	2	12	98.33	0.35	269.580	P=0.807	P=0.526
	3	9	70.33	0.54	361.765	P>0.05	P>0.05
MINA	4	16	78.55	0.54	332.780		
TOTAL		46	80.24	0.43	<b>277.80</b>		

**Tabla 3.** Tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza entre julio de 2009 y marzo de 2010 (n=34) obtenido por análisis retrospectivo.

SECTOR	MUESTRO	N° GFs			TIEMPO PROMEDIO DEL EXPERIMENTO (DÍAS)	TIEMPO DE DESCOMPOSICIÓN DE LOS GFs (DÍAS)
		CON MARCAS AL INICIO DEL EXPERIMENTO	CON MARCAS AL FINALIZAR EL EXPERIMENTO	CON MARCAS AL SOBREVIVIR A MARZO DE 2010		
MONTERRED	1	9	6	4	240.43	
ONDO	2	12	11	7	225.70	
	3	9	6	4	204.43	<b>427,21</b>
MINA	4	16	13	11	177.54	
TOTAL		46	34	26	207.54	

**Figura 5.** Regresión logística de la probabilidad del tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca en el PNN Chingaza entre julio de 2009 y marzo de 2010 (n=34). Donde 0= se descompuso el grupo fecal; 1= sobrevivió el grupo fecal. X= 427,2 días.



### 1.3.2 Tasa de defecación

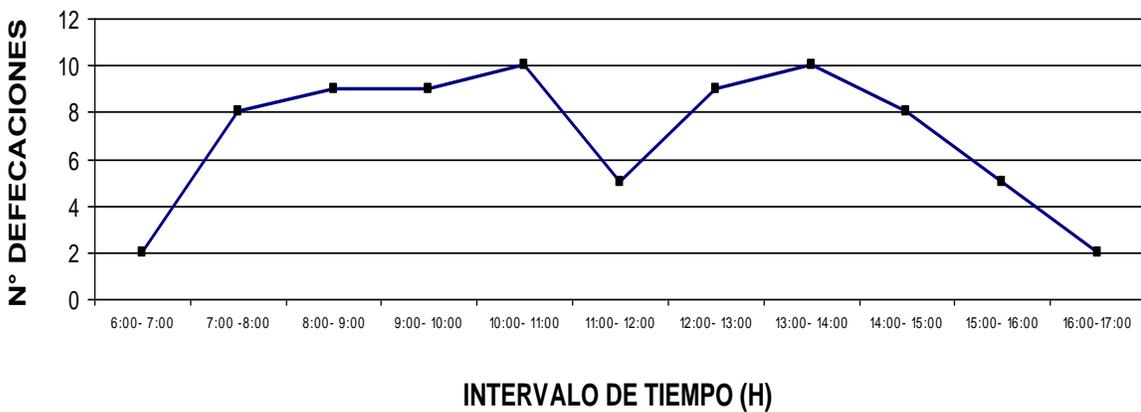
Se realizaron 47 eventos de seguimiento que corresponden a igual número de venados monitoreados en el área protegida. Se consideró que cada venado era un individuo diferente cada vez que se iniciaba un muestro, debido a que los animales nunca han sido marcados y porque las marcas naturales no fueron lo suficientemente diferenciales. Sin embargo, para nueve eventos de muestreo fue posible identificar algún tipo de marca natural bien sea en el mismo animal o en los cervatillos y juveniles que acompañaban a las hembras (presencia de manchas en el dorso del cuerpo, forma de la cola o el tipo y configuración de las astas), por lo cual se logró un mínimo de ocho horas consecutivas de seguimiento. La información de la tasa de defecación se analizó teniendo en cuenta los registros de los nueve individuos seguidos por mínimo ocho horas (silvestres 9) y para la totalidad de los venados seguidos (silvestres 47).

En el zoológico Santacruz se monitorearon cinco venados adultos. Todos los venados fueron fácilmente identificados por la forma y configuración de las astas para los machos y por la presencia de una pequeña mutilación en la oreja izquierda de una de las hembras.

El esfuerzo de muestreo fue de 188 horas/persona para el seguimiento de todos los eventos de muestreo en el área protegida y de 51.6 horas/persona para el seguimiento de los cinco venados en el zoológico.

De los datos del grupo de nueve venados se obtuvo el número de defecaciones por intervalo de tiempo (Fig. 6). De acuerdo con lo observado, los venados tendieron a defecar mayor número de veces en dos intervalos de tiempo, entre las 10:00-11:00 horas y 13:00-14:00 horas.

**Figura 6.** Número de grupos fecales defecados por el venado cola blanca, *Odocoileus virginianus goudotii*, en el PNN Chingaza en julio y octubre de 2009 (n=9).



En la tabla 4 se presentan las tasas de defecación (grupos fecales/individuo/día) por sexo y por clase de edad para los tres grupos de venados cola blanca monitoreados. Se encontró que tanto la tasa de defecación de las hembras, machos como la de los adultos son diferentes en los tres grupos de venados ( $H=10.89$ ,  $P=0.004$ ;  $H=6.36$ ,  $P=0.04$  y  $H=16.34$ ,  $P=0.0003$ , respectivamente).

**Tabla 4.** Tasa de defecación por sexo, clases de edad y total del venado cola blanca, en condiciones silvestres en Monterredondo (PNN Chingaza) y de cautiverio en el Zoológico Santacruz (noviembre de 2008 y julio y octubre de 2009).

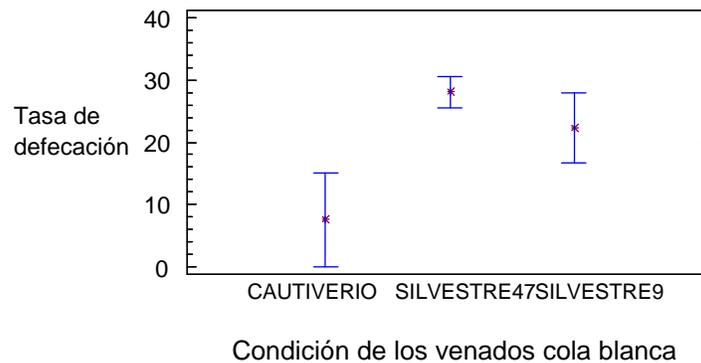
CATEGORÍA		GRUPO	NÚMERO DE INDIVIDUOS	TIEMPO DE SEGUIMIENTO O EFECTIVO (Horas)	TASA DE DEFECACIÓN (GRUPOS FECALES/IND/DÍA)	PRUEBA
SEXO	HEMBRAS	Silvestres 9	4	38	19,58	H=10.89
		Silvestres 47	24	74	24,32	P=0.004
		Cautiverio	2	62	6,97	P<0.05
	MACHOS	Silvestres 9	1	8	27	H= 6.36
		Silvestres 47	8	22	26,18	P=0.04
		Cautiverio	3	33	8	P<0.05
CLASE DE EDAD	JUVENILES	Silvestres 9	4	37	24	U=37
		Silvestres 47	15	66	21,09	P=0.51; P>0.05
	ADULTOS	Silvestres 9	5	46	20,87	H=16,34
		Silvestres 47	32	90	24,75	P=0.0003
		Cautiverio	5	155	7,59	P<0.05
	TOTAL	Silvestres 9	9	83	22.27	H=14.3
Silvestres 47		47	162	<b>23,26</b>	P=0.0008	
Cautiverio		5	155	<b>7,59</b>	P<0.05	

La tasa de defecación obtenida para el grupo de 47 venados silvestres fue similar entre el sexo de los venados adultos ( $U= 112.5$ ,  $P=0.465$ ) y entre las clases de edades ( $U= 303.5$ ,  $P=0.139$ ). Esta misma tendencia se observó en el grupo de los nueve (9) venados silvestres en relación con las clases de edad ( $U= 13.5$ ,  $P=0.46$ ), sin embargo para este grupo no fue posible verificar si habían diferencias entre la tasa de defecación y el sexo de los individuos debido al tamaño muestral de los machos. Sin embargo para el grupo

de venados en cautiverio no fue posible verificar si la tasa de defecación y el sexo de los individuos eran diferentes debido al bajo número muestral de las hembras.

Se evidenciaron diferencias significativas de las tasas de defecación totales entre los tres grupos de venados monitoreados ( $H=14.3$ ,  $P=0.0008$ ;  $P<0.05$ ). La tasa de defecación de los venados mantenidos en cautiverio difiere significativamente de la tasa de los otros dos grupos, mientras que no hay diferencias entre las tasas de los dos grupos de venados silvestres (Figura. 7).

**Figura 7.** Gráfica de medias (95%) de las tasas de defecación de venados cola blanca mantenidos en condiciones de cautividad en el Zoológico Santacruz y de dos grupos (silvestre47 y silvestre9) en condiciones silvestres en el PNN Chingaza.

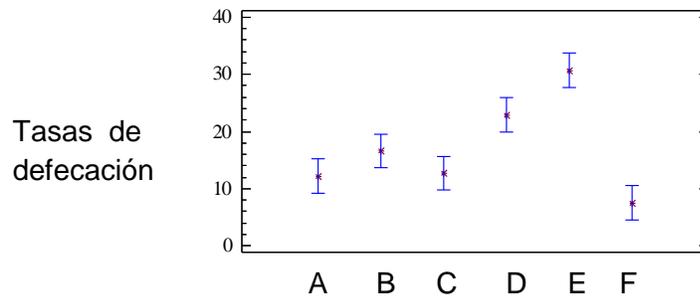


En la tabla 5 se presentan otras tasas de defecación calculadas en estudios realizados en estados Unidos, México y Venezuela. En donde se observa que las tasas calculadas en este estudio se encuentran entre las reportadas en otros estudios. Sin embargo, la prueba de rangos múltiples (95%) evidencia que las tasas de defecación calculadas en este estudio son diferentes a las reportadas por Eberhart & Van Etten (1956), Pérez-Mejía et al. (2004), Correa-Viana (1991) y Rogers (1987) (Fig. 8).

**Tabla 5.** Tasas de defecación de venado cola blanca reportadas en otros estudios en Estados Unidos, México y Venezuela, se incluye las calculadas en este estudio.

	Correa-Viana (1991)	Dietrich <i>et al.</i> (1990) tomado de Perez <i>et al.</i> 2004	Eberhardt & Van Etten (1956)	<b>Mateus-Gutiérrez (2011)</b> Este estudio	McCulloug (1982) tomado de Perez <i>et al.</i> 2004	Pérez <i>et al.</i> (2004)	Rogers (1987)	Rollins <i>et al.</i> (1984)	Sawyer <i>et al.</i> (1990) tomado de Perez <i>et al.</i> 2004	Zabala (1992) tomado de Perez <i>et al.</i> 2004
Estados Unidos			12.7		13.7		34	19.6	26.9	
México		20.9				17				15.2
Venezuela	14									
<b>Colombia</b>				7.59						
				22.27						
				23.26						
Nº de venados	8		36	5		6	7	4		
				9						
				47						
% sexos	1:1		----	entre adultos: 0.66:1; 4:1; 3:1		1:1	hembras	hembras		
Clases de edad	----		18 cervatillos: 18 adultos	5 Adultos; 5 adultos-4 juveniles; 32adultos-15 juveniles		Adultos,h-m Juveniles m Crias h	Adultas, jóvenes			
Alimentación	Plantas vs concentrado		6 tipos de dietas	Concentrado, salvado, zanahoria, melasa, avena, sal mineralizada, pasto del encierro. Ad libitum. Ad libitum.		Una dieta, plantas, concentrado		Cocentrado, alfalfa		
Condición	Cautiverio	Cautiverio	Cautiverio	Cautiverio. Silvestres. Silvestres	Cautiverio	Cautiverio	Silvestres	Venados silvestres capturados dos semanas antes.	Cautiverio	Cautiverio
Nº de días de muestreo	30		6	6.4 3.4 6.75		12	4 estaciones	8		

**Figura 8.** Gráfica de medias de las tasas de defecación reportadas en este estudio comparadas con las reportadas por Correa-Viana 1991 (A), Perez-Mejía et al 2004 (B), Eberhart & Van Etten 1956 (C), esta investigación venados silvestres (D), Rogers 1987 (E) y esta investigación venados cautividad (F).



## 1.4 Discusión

Desde hace más de 25 años se ha reconocido que la estimación de la densidad a través del conteo de grupos fecales requiere de la estimación del tiempo de descomposición y la tasa de defecación para la especie en el lugar de estudio (Rollins *et al.* 1984, Rogers 1987, Correa-Viana 1991, Sutherland 1996 citado en Periago 2006, Pérez *et al.* 2004, Prug & Krebs 2004 y Tsaparis *et al.* 2009). Sin embargo, en Colombia los estudios para conocer el tamaño poblacional del venado cola blanca a través del conteo de grupos fecales, han utilizado las tasas de defecación obtenidas en otros países, mientras que el tiempo de descomposición no ha sido estrictamente estudiado para nuestras poblaciones (Ramos 1995, Garavito 2004 Rodríguez *et al.* 2004, Alarcón 2009).

Este es el primer estudio en Colombia que da una descripción cualitativa del envejecimiento de los grupos fecales y estima el tiempo en que tardan en descomponerse dichos grupos, así como la tasa de defecación para el venado cola blanca en condiciones silvestres en el PNN Chingaza y en condiciones de cautiverio.

En el PNN Chingaza, Ramos (1995) realizó observaciones de las características cualitativas de los grupos fecales de venado cola blanca teniendo en cuenta la apariencia, general, color y textura. Posteriormente, estableció categorías de

envejecimiento: inmediato (1 día), reciente (1 día- 1 mes), viejo (entre 1 y 3 meses), muy viejo (entre 3 y 6 meses) y antiguo (mayor a 6 meses). Sin embargo no presentó claramente las características particulares que definieron cada categoría.

Teniendo en cuenta las observaciones cualitativas realizadas a la totalidad de las muestras y las categorías de edad definidas por Ramos (*Op cit.*) se considera que los rastros inmediatos o de un día que ella menciona pueden corresponder a grupos fecales con pellets de color verde oliva brillante. Sin embargo la siguiente categoría está incluyendo características diferentes a los encontrados en este estudio, ya que del seguimiento a los grupos fecales se evidenció que entre el primer y sexto día los grupos fecales son de color café oscuro brillante, posteriormente y aunque mantienen las dos primeras características, pierden el brillo.

Al respecto en la Isla Príncipe de Gales (Alaska), Brinkman (2009) evaluó la abundancia del venado bura *Odocoileus hemionus sitkensis* a partir del ADN de muestras de grupos fecales y estableció que las muestras con pellets brillantes o medianamente brillantes y/o con una capa exterior de mucus permiten extraer ADN útil. La técnica permitió estimar la abundancia, diferenciar entre individuos y sugerir que es un método efectivo para el monitoreo de los venados en el sureste de Alaska. Por lo cual, reconocer los grupos fecales con brillo se convierte en una característica importante que determina la edad del grupo fecal.

Sánchez *et al.* (2009) determinaron cómo el color de los pellets del conejo enano (*Brachylagus idahoensis*) cambiaba con la estación, el tiempo y la exposición. En dicho estudio se clasificó la edad de los pellets como "recientes" o "viejos" de acuerdo con el brillo y el color externo de los pellets: aquellos brillantes, o de matices verdes o marrones se reconocieron como grupos fecales frescos, mientras que los pellets de colores exteriores amarillo con beige o grises fueron clasificados como viejos.

Con base en lo encontrado en los dos estudios inmediatamente anteriores, se considera que la variación del color también puede determinar las categorías de envejecimiento, ya que en el presente estudio se lograron diferenciar con mayor frecuencia la variación del color de verde oliva a café a medida que los grupos fecales envejecen. En este último se evidenciaron cambios de oscuro a claro. Sin embargo se detectaron otros colores poco frecuentes como una combinación de café con verde y gris.

Al respecto, Sánchez *et al.* (*op cit.*) proponen que la variación inicial del color de los grupos fecales del conejo enano probablemente fue influenciada por la variación estacional en la composición de la dieta: en la época reproductiva la especie se alimenta de grandes cantidades de pastos y hierbas, mientras que durante la fase no reproductiva se alimenta casi exclusivamente del arbusto *Artemisa tridentata*. A su vez proponen que la variación posterior del color de los grupos fecales se debe a la exposición ambiental y al tiempo.

En el presente estudio no se evaluó el efecto de las condiciones climáticas sobre los cambios de apariencia de los grupos fecales, sin embargo se encontró que la fibra vegetal que forma los pellets fue evidente a los 21 en Monterredondo y 36 días en la Mina. Pese a que no se tuvo en cuenta la velocidad con la que la fibra vegetal se hacía más evidente, se detectó que en algunos grupos fecales del cuarto muestreo la proporción de fibra visible era mucho mayor de la que se observó en los grupos del primer muestreo. Lo cual puede sugerir que las condiciones ambientales de los dos sitios influyen en la apariencia de los grupos fecales, tal y como lo afirman Sánchez *et al.* (*op cit.*) y Murrery *et al.* (2005). Por lo tanto, se propone que la aparición de la fibra vegetal puede usarse para definir una categoría de envejecimiento de un grupo fecal, pero no la proporción de visibilidad de ésta en los pellets.

De acuerdo con lo anterior, las categorías de envejecimiento de los grupos fecales son las siguientes:

Categoría I: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda, color verde oliva y apariencia brillante (0 días).

Categoría II: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, color café oscuro y apariencia brillante (0-6 días).

Categoría III: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, de color café oscuro opaco sin puntos de visibilidad de fibra (6-21 días).

Categoría IV: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, color café oscuro, apariencia opaca, con puntos de visibilidad de fibra (21-50 días).

Categoría V: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, con diferentes tonalidades desde color café claro hasta el blanco, con visibilidad de fibra y de apariencia opaca (> 50 días).

De otra parte, una característica que se identificó como forma de descomposición de los grupos fecales fue el crecimiento de vegetación vascular y no vascular sobre las muestras. Al respecto, Persson (2003) registró que la desaparición de los grupos fecales de *Alces alces* se debía principalmente al crecimiento de la vegetación (hierbas, musgos, líquenes, arbustos, helechos y colas de caballo) más que a la desaparición por sí mismos.

Camargo-Sanabria (2008) determinó con certeza que los grupos fecales no sobreviven a la época de lluvias en la selva baja caducifolia en Puebla (México). Wallmo *et al.* (1962), Neff (1968), Ezcurra & Gallina (1981) y Prugh & Krebs (2004), mencionan que los grupos fecales desaparecen por las lluvias fuertes, la humedad, la actividad bacteriana y fúngica y de escarabajos coprófagos. En este estudio se evidenció deformación de los pellets por el impacto de las gotas de lluvia en aquellos que tuvieron cobertura vegetal vertical, ya que los primeros grupos fecales en descomponerse tuvieron una cobertura igual o mayor al 75% y desaparecieron en promedio a los 50 días de observación. Así mismo, se observó de forma cualitativa el efecto de la humedad y de la actividad fúngica por los cambios en la consistencia y el color en los pellets, respectivamente. Sin embargo, en ninguno de los periodos de seguimiento se observaron escarabajos coprófagos, ni de otros invertebrados actuando en la descomposición de los grupos fecales.

La definición de las categorías de envejecimiento de los grupos fecales contribuyen a la mejor detección de la variable para estimar el tamaño poblacional de un grupo de venados en cualquier lugar en donde se pretenda realizar este tipo de estudios.

#### **1.4.1 Tiempo de descomposición- análisis prospectivos, vs análisis retrospectivo**

El tiempo de descomposición estimado mediante el análisis prospectivo fue de 277.80 días, ya que el obtenido fue similar entre los muestreos y entre los sectores, aún cuando los sectores presentaron diferencias en relación con la vegetación, pendiente y altitud promedio. Esta estimación es mayor comparada con la obtenida por Camargo-Sanabria

(2008) y Alarcón (2009) quienes usaron el mismo análisis para estimar el tiempo de descomposición de un grupo fecal de venado cola blanca. En el primer estudio realizado en la selva baja caducifolia (Puebla, México), se monitorearon 50 grupos fecales compuestos por 50 pellets y se determinó un tiempo de 123 $\pm$ 2.8 días, durante los cuales permaneció el 78 % de los grupos fecales. En el segundo estudio desarrollado en la vereda Molinos (Municipio Soatá, Boyacá) se utilizó un grupo fecal del tracto digestivo de un venado cazado y se dividió en tres submuestras que fueron localizadas en igual número de coberturas vegetales, reportando que el tiempo de descomposición fue mayor en el páramo (170 días), seguido por el arbustal y los pastos manejados (85 y 45 días, respectivamente).

La estimación del tiempo de descomposición calculado a través del análisis prospectivo en este estudio puede verse sesgado ya que no se estimaron los efectos de la mayoría de las variables mencionadas que interfieren en la desaparición de los grupos fecales. Sin embargo y dado el seguimiento continuo que se le dio a todas las muestras durante nueve meses se propone su uso para conocer el tamaño poblacional de los grupos de venado cola blanca en el PNN Chingaza (277.80 días),

Aunque el tiempo de descomposición estimado mediante este método parece ser alto, Skarin (2008) estimó que el tiempo de descomposición de los grupos fecales de renos (*Rangifer tarandus*) de la cadena montañosa Escandinava puede estar entre dos años y cuatro años mediante el análisis prospectivo.

#### **1.4.2 Tasa de defecación del venado cola blanca**

Durante la fase de campo, el seguimiento de venados silvestres para estudiar la tasa de defecación debió suspenderse temporal o definitivamente debido principalmente a seis factores: 1. Condiciones climáticas como la lluvia fuerte y bajas temperaturas. 2. Relieve y cobertura vegetal del sector de Monterredondo, que limitaba en muchas ocasiones la accesibilidad y visibilidad de los venados. 3. El comportamiento nervioso de los venados, (sobre todo de hembras con sus cervatillos) respecto a ruidos no habituales y a la falta de acostumbramiento de los venados hacia los observadores. 4. Falta de marcas artificiales y la poca efectividad de las naturales en la diferenciación entre individuos juveniles y

entre hembras. 5. Desplazamiento muy rápido de los venados en el sector donde se estaba realizando las observaciones y 6. Presencia de perros ferales que asustaban y perseguían a los venados alejándolos de los observadores, independientemente del tiempo que ya se llevaba monitoreando a cada animal.

Por otra parte durante la observación de los venados en cautiverio durante 24 horas continuas también se identificaron los siguientes factores limitantes: 1. Ubicación de otros encierros a lado y lado del que mantenía a los venados y la pendiente del encierro de aproximadamente 30°, ya que al tratar de pasar al lado de arriba o abajo del encierro había que rodear otros encierros sin alcanzar a ver los venados. 2. La altura del estrato herbáceo (unido a la pendiente) limitó en varias ocasiones la visibilidad de los venados desde arriba o abajo del encierro. Y 3. Las continuas lluvias, las bajas temperaturas y la neblina limitaron la visibilidad de los venados.

De acuerdo con el seguimiento efectuado al grupo de nueve venados silvestres se encontró que entre las 10:00 y 11:00 horas, así como entre las 13:00 y 14:00 horas de la tarde, los venados tienden defecar más que en el resto de las horas luz en las que fueron monitoreados. Sin embargo, debe considerarse la probabilidad de que esta información este sesgada, debido a que en ninguno de los seguimientos se encontraron venados antes de comenzar el periodo de actividad descrito para la especie en el PNN Chingaza (Ramos 1995), ya que por observaciones directas a los venados en cautividad se evidenció que cuando los animales se levantaban, inmediatamente defecaban y caminaban una distancia no mayor a diez metros y nuevamente volvían a defecar.

Teniendo en cuenta lo anterior se reconoce que este estudio presenta limitaciones en cuanto a las horas continuas de seguimiento, la proporción de sexos y las clases de edad de los venados muestreados. Aún así, se logró obtener las primeras estimaciones de la tasa de defecación para la especie en el país y con venados cola blanca en ambas condiciones.

Del análisis se encontró que las tasas de defecación calculadas son diferentes en relación con la condición de los venados (en estado silvestre o en cautiverio) y las posibles diferencias o variaciones debidas al sexo y la edad. Las diferencias significativas

encontradas para la condición, el sexo y la clase de edad adultos probablemente se deban al tipo de hábitos alimentarios, de la cantidad de fibra consumida, de la humedad del alimento y de la actividad de los venados en condiciones silvestres comparados con los que se encuentran en cautividad (Rollins *et al.* 1984, Rogers 1987). Para el PNN Chingaza se ha descrito que el venado consume en mayor proporción las hojas de al menos 13 especies de plantas distribuidas en ocho familias botánicas, en donde las Poaceae están representadas en un 84.3%, seguido de un 9.80% de especies de la familia Asteraceae (Mateus-Gutiérrez & López-Arévalo, datos no public.). De otra parte, los venados mantenidos en condiciones de cautividad consumen alimentos suministrados por los cuidadores del zoológico. Su dieta comprende principalmente de concentrado, salvado, avena, zanahoria, sal mineralizada, aceite, melaza y de pasto del encierro que es consumido a voluntad por los venados. La dieta de forma general comprende 9.71% de proteína, 5.68 % de fibra y 1.49 % de grasa (Guzmán 2005).

Utilizando la prueba de rangos múltiples (95%) se encontró que las tasas de defecación calculadas en este estudio son diferentes a las reportadas por Eberhart & Van Etten (1956), Pérez-Mejía *et al.* (2004), Correa-Viana (1991) y Rogers (1987), (12.7, 17, 14 y 34 grupos fecales/individuo/día, respectivamente). Rogers (*Op cit.*) obtuvo la tasa de defecación más alta a partir de la observación de siete hembras silvestres radiomarcadas en un bosque de coníferas en Minnesota, Estados Unidos, mientras que la tasa de defecación calculada para venados en cautividad más baja fue la obtenida en este estudio (7.59 grupos fecales/individuo/día).

La tasa de defecación clásica de Eberthardt & Van Etten (1956) es la segunda más baja y en Colombia se ha usado para estimar la densidad poblacional del venado cola blanca en el PNN Chingaza (Ramos 1995, Garavito 2004, Rodríguez *et al* 2004). La tasa de defecación para los venados en vida silvestre calculada en el presente estudio es más alta comparada con la tasa clásica, por lo tanto puede considerarse que las estimaciones de densidad que se han realizado en años anteriores en el PNN Chingaza fueron sobreestimadas.

Pérez *et al.* (2004) obtuvieron la tasa de defecación de 17 grupos fecales/individuo/día para venados cola blanca en condiciones de cautividad en Puebla (México). Los

investigadores recomendaron emplear el límite máximo superior de la tasa de defecación calculada (25 grupos fecales/individuo/día) para evitar la sobreestimación del número de individuos y evitar la sobre cosecha de los animales silvestres del Estado de Puebla. En el presente estudio las tasas de defecación calculadas para los dos grupos de venados silvestres fueron similares, por lo tanto se sugiere usar la mayor estimación (23.26 grupos fecales/individuo/día) para estimar el tamaño poblacional y cuando se requiera implementar acciones de manejo con la especie en el parque.

## 1.5 Conclusiones y recomendaciones

Se proponen las siguientes categorías de envejecimiento de los grupos fecales:

Categoría I: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda, color verde oliva y apariencia brillante (0 días).

Categoría II: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, color café oscuro y apariencia brillante (0-6 días).

Categoría III: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, de color café oscuro opaco sin puntos de visibilidad de fibra (6-21 días).

Categoría IV: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, color café oscuro, apariencia opaca, con puntos de visibilidad de fibra (21-50 días).

Categoría V: Grupos fecales con pellets de consistencia blanda o dura, con diferentes tonalidades desde color café claro hasta el blanco, con visibilidad de fibra y de apariencia opaca (> 50 días).

El tiempo de descomposición de los grupos fecales del venado cola blanca del PNN Chingaza mediante el análisis prospectivo fue de 277.79 días y de 427.21 días por el análisis retrospectivo. Se recomienda el uso de este último para la estimación de la densidad de la especie en el Área Protegida utilizando la técnica FSC.

La tasa de defecación para los venados cola blanca del PNN Chingaza fue de 23,26 grupos fecales/individuo/día, es la primera estimada con individuos en condiciones silvestres para Colombia.

Las tasas de defecación calculadas en este estudio son diferentes a las reportadas en otros estudios y para otros países por lo cual se recomienda que esta variable sea estudiada en hábitats con condiciones ambientales diferentes al PNN Chingaza. De igual forma, se hace necesario implementar el marcaje temporal o permanente para lograr determinar si hay variación entre la tasa de defecación calculada en este estudio con la obtenida a lo largo de seguimientos en periodos de 24 horas en el Área Protegida.

Se recomienda que tanto el tiempo de descomposición y la tasa de defecación sean calculadas específicamente para las áreas de estudio en donde se requiera la estimación de la densidad poblacional del venado cola blanca, a través del conteo de grupos fecales.

Finalmente, se recomienda comprobar la hipótesis de si la proporción de fibra vegetal en la dieta de los venados influye en la tasa de defecación de la especie, para lo cual se plantea realizar y comparar los análisis bromatológicos de las plantas determinadas en la dieta tanto en condiciones silvestres como en cautividad.

## 1.6 Literatura citada

ALARCÓN, S.M. 2009. Estado Poblacional del Venado Cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Vereda Molinos, Municipio de Soatá, Boyacá. Implementando una estrategia para el uso, manejo y conservación de la especie. Tesis de pregrado, Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

BAILEY, R. E. & R. J. PUTMAN. 1981. Estimation of fallow deer (*Dama dama*) populations from faecal accumulation. *The Journal of Applied Ecology* 18: 697-702.

BATCHELER, C. L. 1975. Development of a distance method for deer census from pellet groups. *The Journal of Wildlife Management* 39: 641-652.

BRINKMAN, T. 2009. Resilience of a deer hunting system in Southeast Alaska: integrating social, ecological, and genetic dimensions. Dissertation. University of Alaska Fairbanks. Fairbanks, Alaska.

BURGOYNE, G. E. & M. L. MOSS. 1974. The 1974 deer pellet group surveys. Survey and Statistical Services Report No. 134.

CAMARGO-SANABRIA, A.A. 2008. Evaluación del conteo de grupos fecales y del análisis morfométrico de pellets como métodos de obtención de parámetros demográficos del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en Puebla, México. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México.

CAMPBELL, D., G. M. SWANSON & J. SALES. 2004. Comparing the precision and cost-effectiveness of faecal pellet group count methods. *The Journal of Applied Ecology* 41: 1185-1196.

CAR, 2011. Documento técnico San Antonio PDF. <http://www.car.gov.co/?idcategoria=4159>, revisada 11 de septiembre de 2011.

CATTADORI, I. M., D. T. HAYDON, S. J. THIRGOOD & P. J. HUDSON. 2003. Are indirect measures of abundance a useful index of population density? The case of red grouse harvesting. *Oikos* 100: 439-446.

CORREA-VIANA, M. 1991. Tasa de defecación del venado caramerudo en Venezuela. *Biollania* 8:17-21.

EBERHARDT, L. 1978. Transect methods for population studies. *The Journal of Wildlife Management* 42: 1-31.

----- & R. C. VAN ETTEN. 1956. Evaluation of the pellet group count as a deer census method. *The Journal of Wildlife Management* 20: 70-74.

EZCURRA, E. & S. GALLINA. 1981. Biology and populations dynamics of white-tailed deer in northwestern Mexico. Págs. 77-108 en: P. F. FFOLLIOTT & S. GALLINA. (eds).

Deer biology, habitat requirements, and management in Western North America. Instituto de Ecología, A. C. México.

FOCARDI, S., R. ISOTTI & A. TINELLI. 2002. Line transect estimates of ungulate populations in a mediterranean forest. *The Journal of Wildlife Management* 66: 48-58.

FUNDACIÓN ZOOLOGICO SANTACRUZ, 2011. <http://www.zoosantacruz.org/acerca-del-zoologico/14-quienes-somos.html>. Revisada el 11 de septiembre de 2011.

FREDDY, D. J. & D. C. BOWDEN. 1983. Sampling mule deer pellet-group densities in juniper-pinyon woodland. *The Journal of Wildlife Management* 47: 476-485.

GARAVITO, A. C. 2004. Caracterización y uso de hábitat del venado cola blanca en la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco (Cundinamarca). Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

GATES, C.E, W. H. MARSHALL & D. P. OLSON. 1968. Line transect method of estimating grouse population densities. *Biometrics* 24: 135-145.

GUZMÁN, A. 2005. Análisis de las experiencias colombianas de manejo *ex situ* de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) como aporte a su conservación. Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

LAING, S.E., S.T. BUCKLAND, R.W.BURNS, D. LAMBIE & A. AMPHLETT. 2003. Dung and nest surveys: estimating decay rates. *Journal of Applied Ecology*. British Ecological Society.

MADRIÑÁN, S. 2010. Flora ilustrada del Páramo de Chingaza. Guía de Campo de plantas comunes. Segunda edición. Universidad de los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá.

MANDUJANO, S. 2005. Calibration of track counts to estimate population density of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*) in a Mexican tropical forest. *The Southwestern Naturalist* 50: 223-229.

----- & S. GALLINA. 1994. Comparación de métodos para estimar la densidad poblacional del venado cola blanca en un Bosque Tropical Caducifolio de México. Págs. 263- 280. En: VAUGHAN, C. & M. A. RODRÍGUEZ (eds). Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica. Ed. Euna. Primera edición. Heredia, Costa Rica.

MARQUES, F., S. T. BUCKLAND, D. GOFFIN, C. E. DIXON, D. L. BORCHERS, B. A. MAYLE & A. J. PEACE. 2001. Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. *The Journal of Applied Ecology* 38: 34-363.

MAYLE, B. A., R. J. PUTMAN & I. WYLLIE. 2000. The use of trackway counts to establish an index of deer presence. *Mammal Review* 30: 233-237.

MURRAY D., E. ELLSWORTH & A. ZACK. 2005. Assessment of potential bias with snowshoe hare fecal pellet-plot counts. *The Journal of Wildlife Management* 69(1):385–395.

NEFF, D. J. 1968. The pellet-group count technique for big game trends, census, and distribution: a Review. *The Journal of Wildlife Management* 32: 597-614.

NCHANJI, A. C. & A. J. PLUMPTRE. 2001. Seasonality in elephant dung decay and implications for censusing and population monitoring in south-western Cameroon. *African Journal of Ecology* 39: 24-32.

NICHOLS, J. D. & C. R. DICKMAN. 1996. Capture-Recapture methods. Págs. 217-226 en: D. E. WILSON, F. RUSSELL-COLE, J. D. NICHOLS, R. RUDRAN & M. S. FOSTER (eds). *Measuring and monitoring biological diversity, Standard methods for mammals*. Smithsonian Institution. USA.

OJASTI, J. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. DALLMEIER, F. (ed). SIMAB Series No. 5. Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C.

PARQUES NACIONALES NATURALES. 2005. Documento ejecutivo del plan de manejo del Parque Nacional Natural Chingaza 2005-2009.

PÉREZ-MEJÍA, S., S. MANDUJANO & L. E. MARTÍNEZ-ROMERO. 2004. Tasa de defecación del venado cola blanca, *Odocoileus virginianus mexicanus*, en cautividad en Puebla. Acta Zoológica Mexicana (n.s.). 20: 167-170.

PERIAGO, M.E. 2006. Estimación de la densidad poblacional de la corzuela parda (*Mazama gouazobira*) en la Reserva Chancaní (Córdoba-Argentina): puesta a punto de una técnica de muestreo. Tesis de Maestría. Programa de posgrado en Manejo de Vida Silvestre, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

PERSSON, I-L. 2003. Seasonal and habitat differences in visibility of moose pellets. ALCES. 39: 233-241.

PRUGH, L. R. & CH. J. KREBS. 2004. Snowshoe hare pellet-decay rates and aging in different habitats. Wildlife Society Bulletin 32: 386-393.

RAMOS, D. 1995. Determinación de la dieta y utilización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus goudotii*, Gay y Gervais, 1846) en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cordillera Oriental, Colombia). Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

RANGEL-CH., J.O. & C. ARIZA. 2000. La Vegetación del Parque Nacional Natural Chingaza. Págs. 720-753 en: RANGEL-CH, J.O. (ed). La Región de Vida Paramuna. Colombia Diversidad Biótica III. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

RIVERO, K., D. I. RUMIZ & A. B. TABER. 2004. Estimating brocket deer (*Mazama gouazoubira* and *M. americana*) abundance by pellet counts and other indices in seasonal chiquitano forest habitats of Santa Cruz, Bolivia. European Journal of Wildlife Research 50: 161-167.

ROBINETTE, W. L., C. M. LOVELESS & D. A. JONES. 1974. Field test of strip census methods. The Journal of Wildlife Management 38: 81-96.

RODRÍGUEZ, G., A. RODRÍGUEZ, Y. VARGAS & A. ZULUAGA. 2004. Comparación de la densidad de población y características del hábitat entre dos zonas específicas del

Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia. Proyecto de Ecología Regional Continental, VIII semestre, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

ROGERS, L.L. 1987. Seasonal changes in defecation rates of free-ranging white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 51: 330-333.

ROLLINS, D., BRYANT, F.C. & R. MONTANDON. 1984. Fecal pH and defecation rates of eight ruminants fed known diets. *Journal of Wildlife Management* 48: 807-813.

SANCHEZ, D., J. RACHLOW, A. ROBINSON & T. JONHSON. 2009. Survey indicators for pygmy rabbits: temporal trends of burrow systems and pellets. *Western North American Naturalist* 69 (4):426–436.

SKARIN, A. 2008. Decay rate of reindeer pellet-groups. *Short Communications. Rangifer*, 28 (1): 47 – 52.

TSAPARIS, D., KATSANEVAKIS, S., NTOLKA, E. & LEGAKIS, A., 2009. Estimating dung decay rates of roe deer (*Capreolus capreolus*) in different habitat types of a Mediterranean ecosystem: an information theory approach. *European Journal of Wildlife Research*. 55: 167-172.

VARGAS, O. & P. PEDRAZA, 2004. Parque Nacional Natural Chingaza. Universidad Nacional de Colombia-Convenio de cooperación EAAB – UAESPNN. Bogotá, DC. 167 p.

WALLMO, O. C., A. W. JACKSON, T. L. HARLEY & R. L. CARLISLE. 1962. Influence of rain on the count of deer pellet groups. *The Journal of Wildlife Management* 26: 50-55.

WEMMER, C., T. H. KUNZ, G. LUNDIE-JENKINS & W. J. MCSHEA. 1996. Mammalian sign. Págs. 157-176 en: D. E. WILSON, F. RUSSELL-COLE, J. D. NICHOLS, R. RUDRAN & M. S. FOSTER (eds). *Measuring and monitoring biological diversity, Standard methods for mammals*. Smithsonian Institution. USA.

## **2. Estimación de los tamaños poblacionales, estructura de edades y tasas vitales de dos poblaciones locales de Venado Cola Blanca *odocoileus virginianus goudotii*, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia)**

Estimated population size, age structure and vital rates of two local populations of white-tailed deer *Odocoileus virginianus goudotii* in the Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia).

### **Resumen**

Con la finalidad de conocer los parámetros demográficos de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el Parque Nacional Natural Chingaza, se estimó la densidad poblacional, las clases de edad y las tasas vitales en los sectores de Monterredondo y la Mina, a partir del censo de grupos fecales. La fase de campo se realizó entre enero de 2009 y marzo de 2010. El tamaño poblacional se estimó a través de las técnicas FAR y FSC. Para las dos técnicas se censaron todos los grupos fecales presentes en parcelas circulares de  $9.08 \text{ m}^2$  y en transectos con un área de  $1360 \text{ m}^2$  ( $400 \text{ m} \times 3.4\text{m}$ ). Se establecieron seis transectos con el área mencionada y sobre cada uno se ubicaron 40 parcelas circulares de  $9.08 \text{ m}^2$  cada una, que estuvieron separadas cada 10 metros. Para la técnica FSC se censaron y limpiaron los grupos fecales presentes tanto en las parcelas (FSC-P) como en los transectos (FSC-T). Se utilizó el tiempo de descomposición de 277.8 días. La técnica FAR se aplicó tanto en las parcelas como en los transectos. Se realizó la revisión de las áreas de muestreo dos veces. Los tiempos de depósito usados fueron de 47 y 134 días para Monterredondo y de 35 y 147 días para la Mina. Para las dos técnicas se utilizó la tasa de defecación calculada en este estudio para los venados silvestres.

Las densidades obtenidas usando las técnicas FAR y FSC tanto en transectos como en parcelas fue similar por lo tanto se recomienda usar los valores más bajos, los cuales corresponden a los calculados por la técnica FSC y con las parcelas: 17.769 venados/ km<sup>2</sup> para Monterredondo y de 23.183 venados/ km<sup>2</sup> para la Mina. A partir del seguimiento de 54 venados, se obtuvo una muestra de referencia para obtener las clases de edad respecto al volumen y peso de 44 pellets/grupo fecal de igual número de grupos fecales. Usando un análisis discriminante se logró la predicción del 89.3 % para tres clases de edad esto es: cervatillos, juveniles y adultos. Posteriormente, se colectaron 1349 grupos fecales de los seis transectos, de éstos solo 547 se usaron para ser clasificados dentro de alguna de las clases de edad previamente estimadas con la muestra de referencia. De acuerdo con ello, se lograron diferenciar 7 adultos, 2 juveniles y 1 cervatillo para el sector de Monterredondo y 10 adultos, 1 juvenil y 1 cervatillo para el sector de la Mina. Con esta información se construyó una tabla de vida vertical para cada sector que permitió calcular las tasas vitales para los dos grupos locales de venado:  $R_0$  (ind): 1.46,  $T$  (ind/año):1.62,  $r$  (individuos/individuos\*año): 0.23 y  $\lambda$ : 1.26 para la población de Monterredondo y  $R_0$ : 1.56,  $T$ :1.63 ,  $r$ : 0.27 y  $\lambda$ : 1.31 para la Mina. De las tasas vitales se concluye que la población de venados de ambos sectores se encuentra en crecimiento. Se recomienda el uso con precaución de las densidades poblacionales obtenidas en este estudio dado que los transectos se ubicaron en lugares en donde previamente se verificó la presencia de venados y grupos fecales.

**Palabras clave:** densidad poblacional, clases de edad, tasas vitales, venado cola blanca, Chingaza.

## 2.1 Introducción

El éxito del manejo de poblaciones silvestres de fauna depende en gran medida del conocimiento de la estructura y función de las respectivas poblaciones y ante todo de sus variaciones en el tiempo o dinámica poblacional (Ojasti 2000). La dinámica de cualquier población animal es función de la densidad poblacional, la estructura de edades, la proporción de sexos, la tasa de crecimiento y las tasas de natalidad y mortalidad (Ezcurra & Gallina 1981).

Los individuos que integran una población de vertebrados no son idénticos, la estructura demográfica es la que más importa en la dinámica poblacional porque se refiere a la frecuencia de las clases de edad o tamaño, segregadas por sexo. Esta estructura adquiere una importancia singular en el estudio de la dinámica poblacional cuando las tasas de supervivencia y fecundidad varían según la edad (Caughley & Sinclair 1994, Ojasti 2000).

El conocimiento de la densidad poblacional permite llevar a cabo comparaciones entre dos poblaciones en una misma época del año o en la misma población en años consecutivos. Éstas permiten conocer las tendencias en las poblaciones silvestres, sobre todo en áreas grandes o en periodos largos de tiempo (Gallina 1994).

Conocer la proporción de sexos y la estructura de edades de una población suministra indicios importantes sobre la historia reciente, el estado actual (tasa de supervivencia relativa, fecundidad y la tasa de crecimiento de la población) y probablemente las tendencias futuras inmediatas (Gallina 1994, Dimmick & Pelton 1996, Ojasti 2000).

### 2.1.1 Tamaño poblacional

Existen diversas técnicas para el estudio de la demografía de las poblaciones de fauna y flora silvestres. Las técnicas se basan en el uso de los modelos de marcaje, captura y recaptura. Sin embargo el uso de éstos métodos es restringido dependiendo de los objetivos que se planteen en el estudio, ya que el método puede ser utilizado siempre y cuando se cumplan las condiciones específicas que lo validan como un método que puede dar resultados confiables (Lemos *et al.* 2005).

En el estudio de la abundancia o de la densidad del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) se han utilizado métodos de conteo directo de los animales y métodos de censo indirecto. Los métodos directos se separan en tres grupos: censo en transectos de franja y transectos de línea, captura-marcaje y recaptura y reconstrucción poblacional con base en datos de cacería (Mandujano & Gallina 1994, Rice & Harder 1977, Storm *et al.* 1992, Cattadori *et al.* 2003). Los métodos indirectos se basan en el número de rastros detectados por unidad de esfuerzo (Ojasti 2000).

Los métodos indirectos proveen ciertas ventajas sobre los métodos directos: a) su precisión es menos dependiente del observador, b) su medida es más fácil de estandarizar entre observadores, c) son menos afectados por condiciones ambientales de visibilidad y d) el observador no ejerce influencia sobre la población que se estudia (Braza *et al.* 1994, Gallina 1994).

Los conteos de huellas y grupos fecales son usados para estimar la densidad poblacional del venado cola blanca. En los Bosques tropicales secos de México el conteo de grupos fecales es el más usado, debido a que la densa vegetación, la topografía o las condiciones del clima impiden la observación directa de los animales y las condiciones del suelo dificultan la adecuada impresión de las huellas (Ezcurra & Gallina 1981, Gallina 1994, Mandujano & Gallina 1994, Gómez 1997, Mandujano & Gallina 2005, Mandujano *et al.* 2004, López-Tellez *et al.* 2007)

Los grupos fecales son evidencia persistente y fija de la actividad del animal cuya abundancia es proporcional al tamaño de la población que la produce (Braza *et al.*, 1994). En este método el factor más importante para convertir el número de grupos de excrementos a densidad de venados es conocer la tasa de defecación diaria y la tasa de descomposición para el lugar y periodo de estudio o el tiempo de depósito de los grupos fecales (Mandujano & Gallina, 1994).

Recientemente en el estado de Puebla (México), Camargo-Sanabria (2008) estimó la densidad de la población de venado cola blanca utilizando el censo de grupos de fecales a través de dos métodos: la técnica FAR (Faecal Accumulation Rate) y la técnica FSC (Faecal Standing Crop).

La técnica FAR utiliza el tiempo de depósito de los grupos fecales en la estimación de la densidad poblacional, mientras que FSC involucra el tiempo de descomposición de los grupos fecales para la estimación de este mismo parámetro. En ambas técnicas se censan los grupos fecales presentes en parcelas circulares de 9.29 m<sup>2</sup> distanciadas cada diez metros a lo largo de transectos de 390 m de longitud o en transectos de ancho fijo. El uso de la técnica FAR involucra la limpieza de todos los grupos fecales presentes en las parcelas y transectos de ancho fijo al inicio de estudio, mientras que en la técnica FSC no se requiere de limpieza (Ezcurra y Gallina 1981).

La estimación de la densidad de la población de venado cola blanca a través del censo de grupos fecales ya sea por la técnica FAR o FSC se obtiene usando el modelo propuesto por Eberhardt & Van Etten (1956).

### **2.1.2 Estructura de edades**

La estimación de la estructura de edades en cérvidos puede obtenerse a través de los siguientes métodos: a) por la morfología del animal, b) por la erupción y el reemplazamiento de los dientes y c) por los anillos de crecimiento en los dientes (Braza *et al.* 1994). Sin embargo, Gallina (1994) y Valenzuela (1994) han utilizado el volumen de las excretas de cada grupo fecal y el peso del grupo fecal para la clasificación en clases de edad de la población.

Ezcurra & Gallina (1981) encontraron una relación entre el tamaño del pellet y la edad del venado. Los investigadores determinaron una fuerte correlación Log-Log entre el tamaño del gránulo y la edad, en una manada de 40 individuos cautivos en un zoológico, incrementándose la dispersión con la edad, por lo que sólo distinguieron tres clases de edad: crías, jóvenes y adultos.

Gallina (1994) y posteriormente Coronel *et al.* (2009) definen un grupo de fecal como cinco o más pellets con las mismas características. Gallina (*op cit.*) asume que cada pellet tiene forma de cilindro y con base en el cual calcula el volumen en cada caso. A su vez, la investigadora asume que hay uniformidad de los gránulos dentro del grupo de fecal pertenecientes a un individuo, por lo que manifiesta que se puede tomar la medida

de una excreta como representativa del grupo fecal. Sin embargo, para los cálculos finales toma las medidas de por lo menos cinco excretas por grupo fecal.

Por otra parte, Valenzuela (1994) tiene en cuenta el peso seco de cada grupo fecal, asumiendo que el peso de los pellets es proporcional al tamaño del animal y por tanto proporcional a la edad del mismo.

### **2.1.3 Parámetros demográficos**

Ojasti (2000) y Lemos *et al.* (2005) mencionan que una de las formas para modelar la dinámica poblacional de fauna silvestre es usando las tablas de vida, en donde los organismos de una población se encuentran agrupados por clases de edad. Este tipo de estudio requiere, en primer lugar, un muestreo de la población y la repartición de los individuos en clases por sexo, edad o tamaño. Las tablas de vida y diversos modelos poblacionales ofrecen herramientas para analizar la dinámica de poblaciones con la estructura de edad.

Las tablas de vida documentan los patrones de supervivencia y mortalidad en función de la edad, presentando el mismo proceso con ópticas diferentes. También permiten detectar las etapas de vida más vulnerables, la variación temporal de la población reproductiva, las diferencias entre sexos (si existen tablas separadas para los dos sexos) o poblaciones locales y otros eventos que pueden ser manejados según los propósitos humanos. Las tablas de vida permiten estimar además la tasa intrínseca de crecimiento natural (Ojasti 2000).

Existen dos formas de construir una tabla de vida: las tablas de vida horizontales, donde se construye la tabla de vida a partir de la información que se obtiene por seguir a una cohorte de la población desde que nacen hasta la muerte del último representante y las tablas de vida verticales, donde los parámetros se obtienen siguiendo a la población completa (representantes de todas las cohortes dentro de la población) durante un periodo de tiempo más breve comparado con la tabla de vida horizontal (Lemos *et al.* 2005).

La elección de alguno de los dos tipos de tabla de vida depende de los intereses del investigador y de la especie a estudiar. Las tablas de vida horizontales son usadas con organismos cuyas generaciones no se superponen y que presentan periodos de vida cortos o para especies de vida larga y superpuesta cuando se quiere hacer un estudio muy detallado y que cuenta con los recursos suficientes para seguir a una cohorte a lo largo de toda su vida. Las tablas de vida verticales son más empleadas en los estudios con fauna silvestre, donde interesa conocer la dinámica de la población más rápidamente (Lemos *et al. Op cit.*).

Esta investigación buscó establecer los tamaños poblacionales, estructura de edades y tasas vitales de dos poblaciones de venado cola blanca en el PNN Chingaza.

## **2.2 Materiales y métodos**

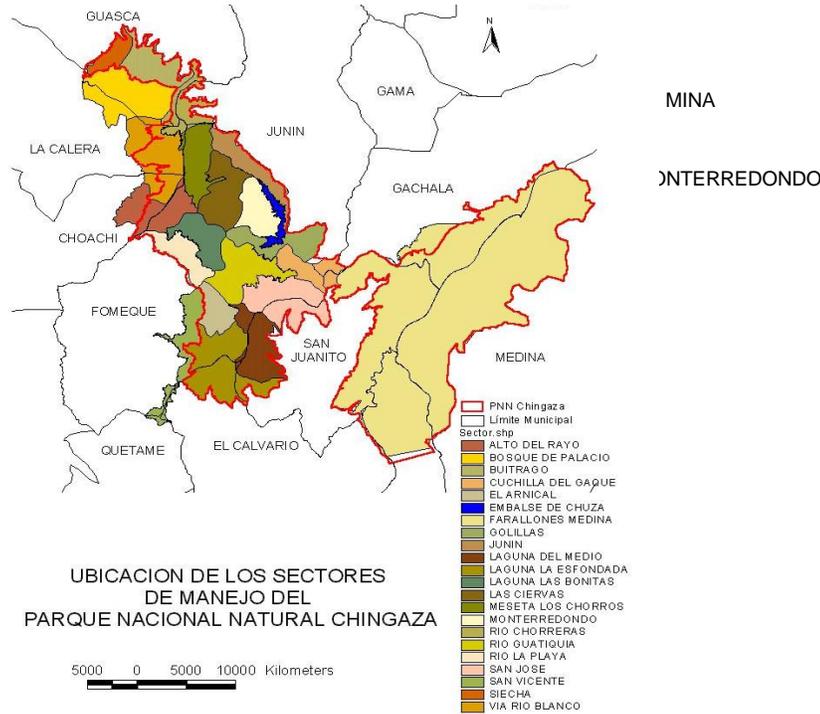
### **2.2.1 Área de estudio**

El PNN Chingaza se encuentra ubicado en Colombia, en la Cordillera Oriental, al nororiente de Bogotá en los 73° 30' y los 73° 55' de longitud oeste y los 4° 20' y 4° 50' de latitud norte. El rango altitudinal va desde los 800 hasta los 4020 msnm (Parques Nacionales Naturales 2005).

El parque se encuentra dividido en 20 sectores (Fig. 1), la estimación de la tasa de defecación se realizó en el sector de Monterredondo, mientras que la estimación del tiempo de descomposición se llevó a cabo en el sector antes mencionado y en la Mina.

Las lluvias fuertes se concentran desde abril hasta finales de septiembre, mientras que los meses menos lluviosos corresponden al periodo entre diciembre y marzo. El mes más seco es febrero con un promedio de 61.01 mm y el más húmedo junio con 350.36 mm (Rangel & Ariza, 2000). Los valores de humedad relativa en el PNN Chingaza sobrepasan el 80% durante todo el año, manteniéndose con frecuencia entre el 85 y 90% (Vargas & Pedraza, 2004).

**Figura 1.** Localización de los sectores Mina y Monterredondo, en el Parque Nacional Natural Chingaza. (Fuente: Parques Nacionales Naturales, 2005).



La vegetación del sector de Monterredondo corresponde a Bosque subandino, en proceso de sucesión secundaria, mientras que la Mina se encuentra en una sucesión primaria bastante lenta desde 1996, fecha en la que se dejó de extraer piedra caliza como materia prima para el cemento (Madrrián, 2010).

### 2.2.2 Muestreo

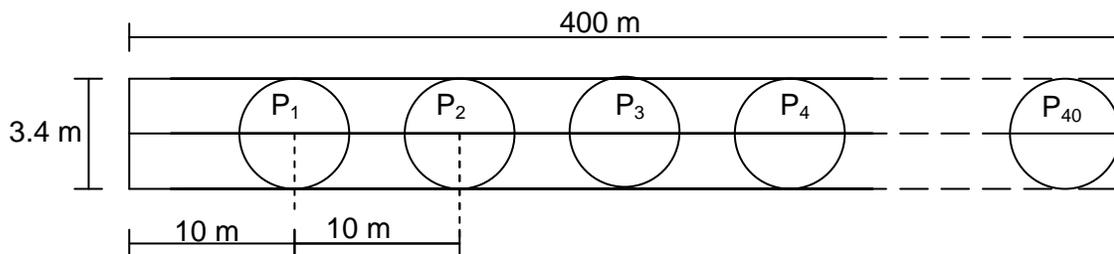
La fase de campo para la estimación del tamaño poblacional se realizó en los sectores de la Mina y Monterredondo entre julio de 2009 y marzo de 2010. La estimación de la estructura de edades se realizó en enero de 2009 y de julio de 2009 a marzo de 2010 en ambos sectores. Posteriormente, se realizó la fase de laboratorio entre abril y diciembre de 2010.

### 2.2.3 Estimación del Tamaño poblacional

La estimación del tamaño poblacional se realizó a través de las técnicas FAR y FSC. Para las dos técnicas se censaron todos los grupos fecales presentes en parcelas circulares de

9.08 m<sup>2</sup> y en transectos con un área de 1360 m<sup>2</sup> (400 m x 3.4m). Se establecieron seis transectos con el área mencionada y sobre cada uno se ubicaron 40 parcelas circulares de 9.08 m<sup>2</sup> cada una, que estuvieron separadas cada 10 metros (Fig. 2). La selección de los sitios para la localización de cada transecto no se realizó al azar sino que se verificó previamente la presencia directa e indirecta del venado cola blanca durante varios recorridos.

**Figura 2.** Disposición de las parcelas en un transecto de banda fija de 400 m x 3.4 m.



Por accesibilidad y logística dos de los transectos se ubicaron en Monterredondo, uno subiendo hacia las Siervas, dos en la Mina y uno en Cuatrovientos. Los seis transectos (que incluyen 240 parcelas en total) se montaron y dejaron activos (técnica FSC) entre el 15 septiembre y 6 de octubre de 2009. Para evaluar la técnica FAR, se realizó un primer muestreo entre el 31 de octubre y el 5 de noviembre de 2009 y posteriormente se realizó un segundo muestreo del 16 al 23 marzo de 2010.

*Técnica FSC:* Se realizó el censo y se limpió de grupos fecales de venado cola blanca la totalidad del área de muestreo. Los grupos fecales se identificaron por color, textura, apariencia y por estar constituidos mínimo por 5 pellets. Cuando se encontró un grupo fecal sobre los límites del área de la parcela o del transecto, se observó si más del 50% del total de los pellets del grupo se encontraban dentro del área de muestreo. Se registró información relacionada con el número de grupos fecales encontrados por transecto y el número de grupos fecales encontrados por parcela en cada transecto. Posteriormente, los transectos quedaron activados para aplicar la técnica FAR.

*Técnica FAR:* Todos los transectos y parcelas fueron revisados luego de un mes y cuatro meses de acumulación. Los grupos fecales fueron diferenciados con las características antes mencionadas y fueron colectados en bolsas de papel debidamente marcadas con la fecha,

nombre del sector y transecto, número de la parcela o el sector del transecto en donde fueron encontrados.

La densidad de la población por ambas técnicas se estimó con el modelo de Eberhardt & Van Etten (1956). La fórmula que calcula el número de venados por kilómetro cuadrado a partir del número de grupos fecales es:

$$D = \frac{(NP)(PG)}{(TP)(TD)}$$

En donde **NP** corresponde al número de parcelas de 9.29 m<sup>2</sup> en 1 Km<sup>2</sup> o número de transectos de 1360 m<sup>2</sup> en 1 Km<sup>2</sup>, **PG** es número promedio de grupos fecales por parcela o por transecto, **TP** es el tiempo de depósito de los grupos fecales cuando se emplea la técnica FAR o el tiempo de descomposición de los grupos fecales cuando se emplea la técnica FSC y **TD** es la tasa de defecación.

#### **2.2.4 Clases de edad- tamaño mínimo muestral de pellets por grupo fecal**

En enero de 2009 se colectaron 11 grupos fecales de venado cola blanca sin conocer el sexo, ni la edad del animal que los había depositado. Cada grupo se colectó en bolsas de papel y se registró el número de pellets que lo conformaban. Los grupos fecales fueron llevados al laboratorio y se secaron en un horno por cinco días a una temperatura de 70°C. Posteriormente, todos los pellets individuales de cada grupo fecal fueron pesados en una balanza analítica SARTUORIOS. Se midió la longitud mayor y menor de cada pellet empleando un calibrador digital, con el fin de estimar su volumen asumiendo una forma cilíndrica.

Se utilizaron todos los datos de los pellets y grupos fecales para encontrar el tamaño de muestra mínimo que habría que medir para obtener el valor promedio de las variables peso y del volumen. Se realizaron remuestreos en R 2.22 (R Development Core Team, 2010) variando el tamaño de muestra de 2 pellets hasta el total de pellets del grupo en cuestión, la variable de respuesta era el promedio de la medida morfométrica. Los remuestreos se detenían cuando con la medida morfométrica en cuestión se alcanzaba una precisión del 95%. Se obtuvo una base de datos que contenía el número mínimo de pellets a medir por grupo fecal y por variable morfométrica, los cuales fueron promediados para obtener un valor por variable.

### **2.2.5 Clases de edad- Muestra de referencia y grupos desconocidos**

Entre julio de 2009 y marzo de 2010, se siguieron 54 venados cola blanca y se colectó igual número de grupos fecales para ser utilizados como muestra de referencia. Se utilizaron características morfológicas y conductuales para su clasificación en las clases: machos, hembras, juveniles y cervatillos. La presencia de cicatrices o astas se estableció como una característica de los machos, mientras el tamaño corporal intermedio, acompañamiento de juveniles o cervatillos y ausencia de cicatrices o astas fue la diagnosis para las hembras. La clasificación de juveniles se estableció de acuerdo al tamaño corporal, el estar acompañados por hembras, pelo de coloración amarilla clara y ausencia de manchas blancas dorsales. Los cervatillos fueron clasificados por la presencia de manchas blancas dorsales, su tamaño corporal pequeño y la compañía de adultos.

Cada grupo fecal fue colectado en una bolsa de papel y rotulado de conformidad con la clasificación mencionada. Al igual que en el experimento anterior, los 54 grupos fecales se secaron, contaron y se seleccionaron aquellos que tuvieran el número mínimo de pellets individuales previamente estimados. Se escogieron aleatoriamente los pellets que conformaron la muestra por cada grupo fecal. Para cada pellet se obtuvo el peso y se registró la longitud mayor y menor y con base en éstas se calculó el volumen de cada pellet y la relación de proporción entre las dos longitudes.

Se realizaron pruebas de Kruskal-Wallis para verificar diferencias significativas con el 95% de confianza entre peso, longitud mayor, longitud menor, proporción y volumen respecto a la clase de edad determinada durante la colecta del grupo fecal. En todos los análisis la clase de edad adultos se dividió en hembra y machos.

De igual forma se llevaron a cabo análisis multivariados de agrupación en R 2.11 (R Development Core Team, 2010), con el fin de realizar una exploración de la información. El primero de ellos fue un k-medias, para el cual se realizaron cuatro corridas, donde variaba el número de grupos hipotéticos, desde 2 hasta 4. El segundo fue un análisis de Correspondencia (CA). Adicionalmente, se realizó un agrupamiento jerárquico basado en el CA, con el fin de determinar grupos basados en la similitud. Este último, se realizó con el fin de optimizar la determinación de

estado de los individuos de muestra, en especial para los casos en los cuales existía una alta incertidumbre sobre el estado de desarrollo del individuo.

Basados en las correcciones realizadas a partir del agrupamiento, se realizaron cuatro análisis lineales de discriminantes para las muestras de referencia. Se calculó el porcentaje de aciertos teniendo en cuenta: a) tres clases de edad (adultos, juveniles y cervatillos), b) dos clases de edad (adultos y juveniles/cervatillos). En los análisis restantes, la clase de edad adultos se dividió en hembras y machos de acuerdo a las muestras observadas. Posteriormente, los modelos generados con los análisis de discriminantes fueron extrapolados a las muestras de origen desconocido, con el fin de predecir la clase de edad del individuo que depositó el grupo fecal.

## 2.2.6 Parámetros demográficos

En esta parte, se usaron los resultados obtenidos sobre la abundancia y la estructura poblacional de las dos poblaciones locales de venado cola blanca en dos sectores del PNN Chingaza presentados en la sección anterior. Con esta información se generó una tabla de vida vertical. Los valores de fecundidad y proporción de sexos fueron obtenidos por revisión bibliográfica para cada una de las clases de edad previamente estimadas. Con base en las abundancias de cada clase de edad y la fecundidad, se estimaron los parámetros demográficos que explican la dinámica de una población en una tabla de vida: la tasa reproductiva neta ( $R_0$ ), la tasa de supervivencia, el tiempo generacional ( $T$ ), la tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ), la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ), la esperanza de vida y la tasa de supervivencia. Con los resultados de los parámetros para cada sector se realizaron gráficos de la esperanza de vida y curvas de supervivencia, de esta forma se comparó la tendencia de las dos poblaciones locales de venado cola blanca en el área de estudio.

## 2.3 Resultados

### 2.3.1 Tamaño de muestra: número total de grupos fecales

En la tabla 1 se presenta el número de grupos fecales censados en los sectores de Monterredondo y la Mina usando transectos de parcelas y transectos de banda fija, para obtener la densidad poblacional a través de las técnicas FSC y FAR. Para este último, se presenta la

información de los dos periodos de revisión: FAR-1, corresponde a primer periodo y FAR-2 al segundo.

Durante los tres eventos de muestreo, el tamaño de muestra que se obtuvo con el conteo de grupos fecales en los transectos de parcelas representó entre un 21.86% y 33.62% del tamaño conseguido con el transecto de banda fija. El área muestreada por la parcelas fue del 27.32 % del área total de los transectos de banda fija.

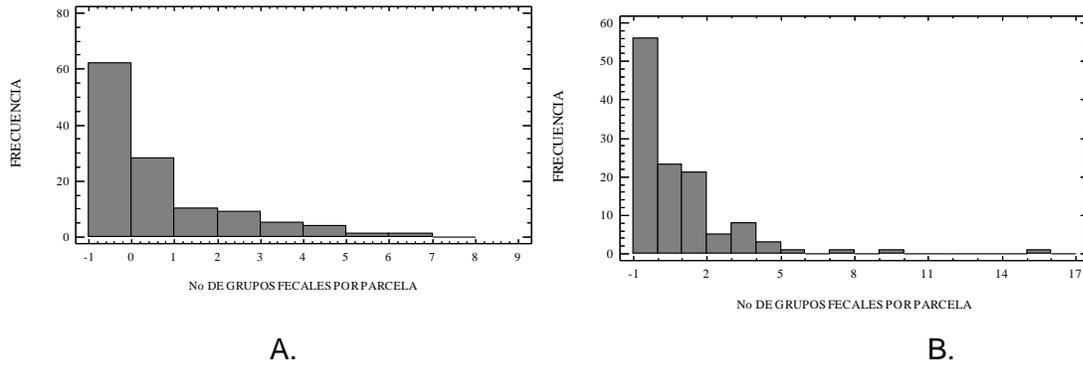
**Tabla. 1.** Número de grupos fecales censados por medio de transectos de parcelas y transectos de banda fija, en los sectores Monterredondo (Sec.1) y La Mina (Sec. 2) del PNN Chingaza.

	SUB-SECTOR	No PARCELAS/ SUB-SECTOR	AREA MUESTREADA M2	NÚMERO DE GRUPOS FCALES CENSADOS					
				FSC		FAR_1		FAR_2	
				SEC. 1	SEC. 2	SEC. 1	SEC. 2	SEC. 1	SEC. 2
				1	SEC. 2	1	SEC. 2	1	SEC. 2
TRANSEC-TO DE PARCELAS	1	40	371.6	41	44	31	38	57	60
	2	40	371.6	59	80	20	30	27	75
	3	40	371.6	28	43	6	10	8	17
	TOTAL	120	1114.8	<b>128</b>	<b>167</b>	<b>57</b>	<b>78</b>	<b>92</b>	<b>152</b>
	PROMEDIO DE GRUPOS FCALES/PARCELA			1.067	1.392	0.475	0.650	0.767	1.267
	ERROR ESTÁNDAR			0.139	0.201	0.080	0.123	0.119	0.184
	SUB-SECTOR	No TRANSECTOS / SUB-SECTOR	AREA MUESTREADA M2	NÚMERO DE GRUPOS FCALES CENSADOS					
				FSC		FAR_1		FAR_2	
				SEC. 1	SEC. 2	SEC. 1	SEC. 2	SEC. 1	SEC. 2
				1	SEC. 2	1	SEC. 2	SEC. 1	SEC. 2
TRANSECTO S DE BANDA FIJA	1	1	1360	186	197	106	79	234	190
	2	1	1360	265	360	71	129	103	275
	3	1	1360	124	207	17	24	30	90
	TOTAL	3	4080	<b>575</b>	<b>764</b>	<b>194</b>	<b>232</b>	<b>367</b>	<b>555</b>
	PROMEDIO DE GRUPOS FCALES/TRANSECTO			191.66	254.66	64.66	77.333	122.33	185.00
	# TOTAL DE GRUPOS FCALES CENSADOS			1339		426		922	

### 2.3.2 Tamaño de muestra: número de grupos fecales por parcelas

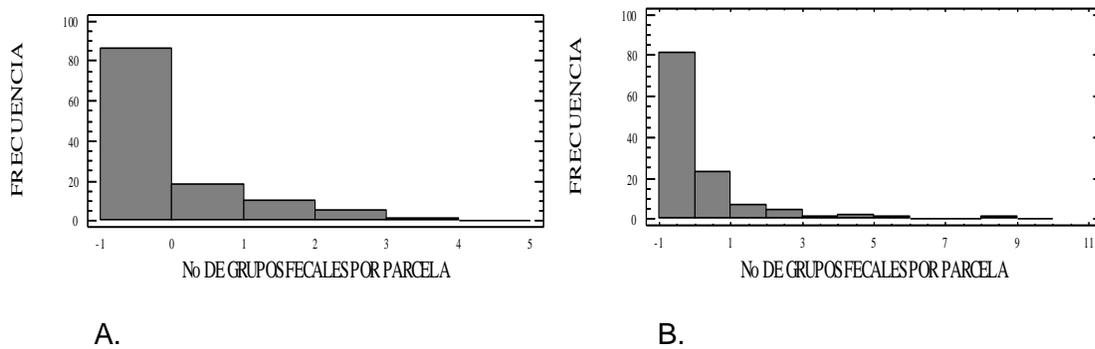
Entre septiembre y octubre de 2009 se censaron y limpiaron 128 grupos fecales en 58 parcelas en Monterredondo y 167 grupos fecales en 64 parcelas en el sector de la Mina. En el primer sector el promedio de grupos fecales fue de 1.067 +/- 0.139 (E.E.), mientras que en el segundo fue de 1.392 +/- 0.201 (E.E.) (Fig. 3).

**Figura 3.** Histograma del número de grupos fecales censados y limpiados por parcelas en 120 parcelas en el sector de Monterredondo (A) y 120 parcelas en el sector de La Mina (B), PNN Chingaza



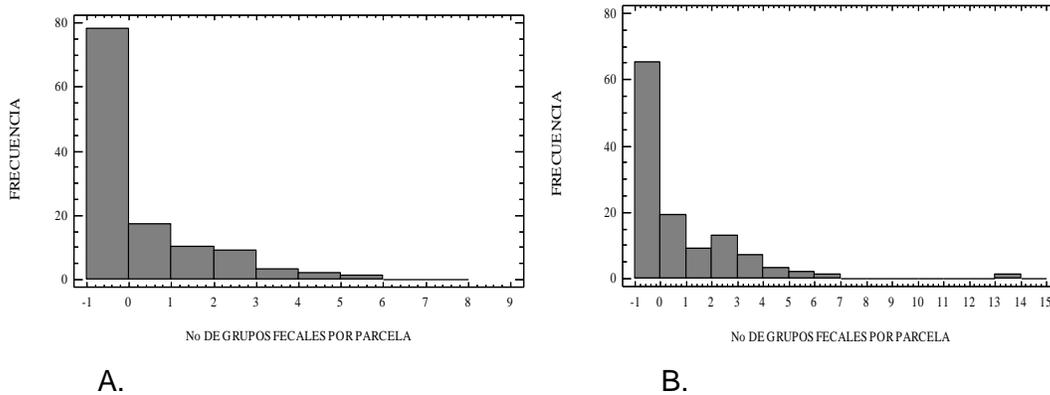
En noviembre de 2009 se colectaron 57 grupos fecales en 34 parcelas del sector de Monterredondo y en la Mina 78 grupos fecales en 39 parcelas. El promedio de los grupos fecales fue de  $0.475 \pm 0.08$  (E.E.) y de  $0.650 \pm 0.123$  (E.E.), respectivamente (Figura. 4).

**Figura 4.** Histograma del número de grupos fecales colectados por parcelas en 120 parcelas en el sector de Monterredondo (A) y 120 parcelas en el sector de La Mina (B), PNN Chingaza, luego de 47 y 35 días de depósito, respectivamente.



En marzo de 2010 se colectaron 92 grupos fecales de 42 parcelas en Monterredondo mientras que en la Mina se colectaron 152 en 55 parcelas. El promedio de grupos fecales por parcela fue de  $0.767 \pm 0.119$  (E.E.) en el primer sector y de  $1.267 \pm 0.184$  (E.E.) en el segundo sector (Fig. 5).

**Figura 5.** Histograma del número de grupos fecales colectados por parcelas en 120 parcelas en el sector de Monterredondo (A) y 120 parcelas en el sector de La Mina (B), PNN Chingaza, luego de 134 y 141 días de depósito, respectivamente.



### 2.3.3 Densidad promedio de venados cola blanca/km<sup>2</sup>, estimada con las técnicas de muestreo FSC-P, FAR-P, FSC-TL y FAR-TL

Se utilizó la tasa de defecación de 23.26 grupos fecales/individuo/día, previamente obtenida para el área de estudio y el tiempo de descomposición de 277.80 días (este volumen, capítulo 1), para la estimación de la densidad producida por la técnica FSC-P y FSC-TL.

El tiempo de depósito para el primer periodo de revisión (FAR-1) fue de 47 días para el sector de Monterredondo y de 35 para La Mina. Para el segundo periodo (FAR-2) fue de 134 días para Monterredondo y de 147 para La Mina.

En la tabla 2 se presentan las densidades poblacionales del venado cola blanca en los sectores de Monterredondo y La Mina, obtenidas por el método FSC y FAR (primera y segunda revisión), usando transectos de parcelas y de banda fija.

**Tabla. 2** Estimación de densidad de venados/km<sup>2</sup> obtenida por el conteo de grupos fecales usando las técnicas FSC y FAR en transectos de parcelas y transectos de banda fija en los sectores de Monterredondo (Sec. 1) y La Mina (Sec. 2) entre septiembre de 2009 y marzo de 2010.

	DENSIDAD POBLACIONAL: No VENADOS/ km <sup>2</sup>					
	FSC		FAR_1		FAR_2	
	SEC. 1	SEC. 2	SEC. 1	SEC. 2	SEC. 1	SEC. 2
TRANSECTO DE PARCELAS	17.769	23.183	46.769	85.943	26.477	41.573
TRANSECTO DE BANDA FIJA	21.81	28.979	43.494	69.847	28.859	41.476

Las densidades obtenidas mediante las técnicas FSC, FAR\_1 y FAR\_2, en los transectos de parcelas y de banda fija entre los dos sectores fue similar, así como entre transectos de parcelas y de banda fija por técnica (para todos los casos  $P > 0.05$ ). Así mismo, la densidad fue similar en los dos sectores cuando se obtuvo usando los transectos de parcelas o de banda fija y las técnicas FSC, FAR\_1 y FAR\_2 (para todos los casos  $P > 0.05$ ).

### 2.3.4 Clases de edad

*Tamaño mínimo muestral:* Se calculó el volumen y se obtuvo el peso de 714 pellets. A partir de la rutina en R se encontró que el tamaño mínimo para calcular el volumen de los pellet que conformaban un grupo fecal fue de 44 pellets y para el peso de 23 pellets. Para el trabajo posterior se utilizó el tamaño de muestra de 44 pellets para las dos variables.

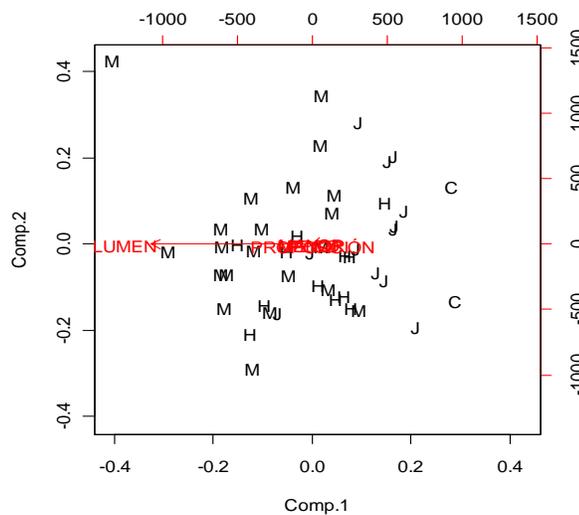
*Muestra de referencia:* De las muestras obtenidas por el seguimiento de 54 venados cola blanca, se seleccionó la muestra constituida por 47 grupos fecales que cumplían con el tamaño mínimo muestral. Los venados seguidos y observados se clasificaron como machos (21), hembras (12), juveniles (12) y cervatillos (2), de los cuales 3 fueron reclasificadas, con base en el agrupamiento dado que no fue posible establecer con claridad si pertenecían al estado juvenil o cervatillo. Esta muestra se tomó como

referencia para definir la variabilidad de las clases de edad, de acuerdo a las variables de peso, longitud mayor, longitud menor, proporción y volumen del pellet.

En total se midieron y pesaron 2068 pellets. El peso y el volumen de los pellets fueron diferentes entre la clase adultos y la clase juveniles/cervatillos (KW= 882.37, P= 0.0; P< 0.05; KW= 1036.53, P=0.0; P<0.05, respectivamente).

Los resultados de la prueba k-medias mostraron que la cantidad de grupos esperable dentro de la muestra de referencia fue cuatro (Fig. 6), de acuerdo a la suma de cuadrados total, (Sct2=576017.2, Sct3=322239, Sct4=176331).

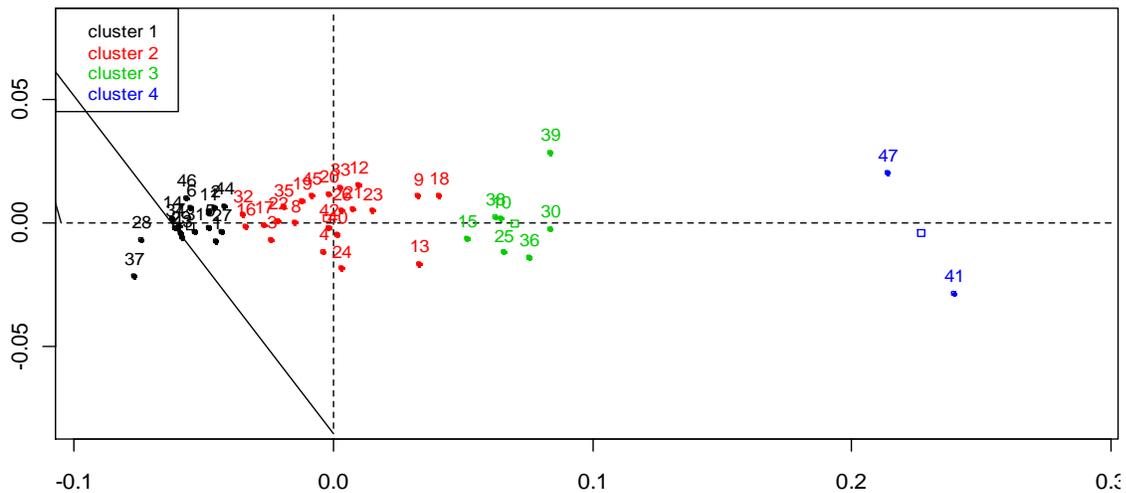
**Figura 6.** Agrupación por K-medias. M= Machos, H= Hembras, J= Juveniles, C= Cervatillos.



En el mismo sentido, el CA y el agrupamiento basado en el CA mostraron la presencia de cuatro grupos. El CA presentó un alto grado de varianza explicada (primer eje= 96.34299, segundo eje= 3.40564), en los cuales se evidenció que las variables asociadas a la forma de los pellets son las que presentan una mayor contribución a la formación de los ejes. Sin embargo, tres muestras fueron cambiadas de estado (conforme a lo esperado dentro del CA) debido a que su determinación fue dudosa y el comportamiento del estadístico era más semejante a un estado superior (dos casos) o inferior (un caso). Adicionalmente, se evidenció que las agrupaciones de los adultos no son completamente excluyentes de acuerdo al género, pues cada partición está compuesta por individuos de

los dos géneros, no obstante, éstos estaban compuestos principalmente por alguno de ellos (Figura. 7).

**Figura 7.** Análisis de Correspondencia de variables de tamaño de pellets, con visualización del Agrupamiento Jerárquico. Cluster 1= principalmente Machos, Cluster 2= Principalmente Hembras, Cluster 3= Juveniles, Cluster 4= Cervatillos



Los análisis lineales de discriminantes mostraron que a pesar de los ajustes realizados conforme al CA, el porcentaje de explicación total no cambió. De esta manera, se obtuvo una predicción total de 70.21% para el grupo: hembras, machos, juveniles y cervatos, 72.34% para el grupo: hembras, machos y juveniles/cervatos, 91.48% para el grupo: adultos y juveniles/cervatos y 89.36% para el grupo: adultos, juveniles y cervatillos.

*Clasificación de los grupos fecales desconocidos de los dos sectores y de los dos muestreos:* Se colectaron 1349 grupos fecales en los dos sectores y en los dos muestreos. Solamente el 36.84% (497) de los grupos fecales cumplieron con el tamaño mínimo de pellets necesarios para realizar el análisis correspondiente (Tabla 3).

**Tabla 3.** Número total de grupos fecales colectados durante los dos muestreos en los sectores de Monterredondo y la Mina en el PNN Chingaza, entre septiembre de 2009 y marzo de 2010. Entre paréntesis se presenta el número de grupos fecales usados para la clasificación en las clases de edad por sector y muestreo.

MUESTREO	N° DE GRUPOS FECALES POR SECTOR		N° DE GRUPOS FECALES TOTALES
	MONTERREDONDO	MINA	
1	194 (75)	232 (57)	427 (132)
2	366 (159)	554 (206)	922 (365)
TOTAL	560 (234)	786 (263)	1349 (497)

Se calculó el volumen y se obtuvo el peso de 21868 pellets de 497 grupos fecales y a partir del modelo generado con la muestra de referencia se realizó la predicción para los dos sectores de muestreo. Sin embargo, como el modelo fue creado a partir de los datos de Monterredondo no fue posible extrapolar directamente los resultados a la Mina. Así pues, mediante una ANOVA realizada en R (R-project, 2011) se determinó que los sectores son diferentes ( $F=4.9956$ ,  $df=1$ ,  $p=0.025479$ ) y se asume que esta diferencia sea ocasionada por la distribución de las clases de edad en la población y/o efectos del sector (alimentación, ecofisiología, etcétera). Conforme a los supuestos, se realizó una corrección de los resultados de la Mina (+5%) para reducir la diferencia entre los conjuntos de datos ( $F= 0.334$ ,  $df=1$ ,  $p=0.5634$ ).

Mediante la corrección se realizó la proyección del modelo. Se compararon los estandarizados de la distribución poblacional entre los sectores para los dos grupos constituidos por cuatro proyecciones. En todos los casos se evidenció, que los sectores son similares, sin importar el tipo de proyección o si se realizó o no la corrección de los datos de la Mina, es decir para todo los casos ( $p>0.1$ ). De esta manera, se comprobó que bajo los supuestos presentados la diferencia entre los sectores se debe a la diferencia entre los sectores y no a características intrínsecas de la población, como la distribución de clases de edad.

En la tabla 4 se presenta la clasificación de todos los grupos fecales y el número de individuos en alguna de las clases de edad. Se observa que la clase de adultos en los

dos sectores agrupa el 79.88% de la totalidad de los grupos fecales, lo que corresponde con 17 individuos.

Con base en lo anterior la proporción de clases de edades para Monterredondo corresponde a 1:2:7 y para la Mina de 1:1:10 (cervatillos: juveniles: adultos).

**Tabla 4.** Número de individuos de venado cola blanca distribuidos en las clases de edad: adultos, juveniles y cervatillos, correspondientes a 497 grupos fecales colectados en transectos de banda fija en los sectores de Monterredondo y la Mina entre septiembre de 2009 y marzo de 2010.

	MONTERREDONDO			MINA			TOTAL		
	N°GRUPOS FECALES	%	N° de venado s	N°GRUPO S FECALES	%	N° de venado s	N°GRUPO S FECALES	%	N° de venado s
ADULTOS	173	73.9	7	224	85.1	10	397	79.87	17
JUVENILES	48	20.5	2	24	9.13	1	72	14.48	3
CERVATI- LLOS	13	5.56	1	15	5.70	1	28	5.634	1
TOTAL	234		10	263		11	497		21

### 2.3.5 Parámetros demográficos

Para obtener los parámetros demográficos de las dos poblaciones locales de venado cola blanca en el PNN Chingaza, se tuvo en cuenta la proporción de sexos en adultos de 2 hembras: 1 macho, basadas en observaciones directas de individuos registrados por Ezcurra & Gallina (1981), mientras que en cervatillos y juveniles la proporción de sexos que se manejó fue de 1 hembra: 1 macho, ya que esta relación se ha referenciado para poblaciones de venados estudiadas por diversos autores (Gallina 1994). Así mismo, se utilizó la fecundidad de hembras adultas de 1.27 y en hembras juveniles de 0.64 (Gallina *Op cit.*). Dado que la construcción de las tablas de vida requiere la información únicamente de las hembras en cada clase de edad y que para ambos sectores se

registró un individuo para la clase de edad cervatillos y un juvenil en la Mina, se asumió a estos individuos como hembras.

Con base en la construcción de las tablas de vida vertical para las dos poblaciones locales de venado cola blanca de Monterredondo y la Mina se obtuvo que tanto la tasa reproductiva neta y la tasa finita de crecimiento poblacional mayor a uno ( $R_0 > 1$  y  $\lambda > 1$ , respectivamente), la tasa intrínseca de crecimiento mayor a cero ( $R > 0$ ) como el tiempo generacional ( $T = 1.6$ ) fueron similares para los dos sectores (Tabla 5).

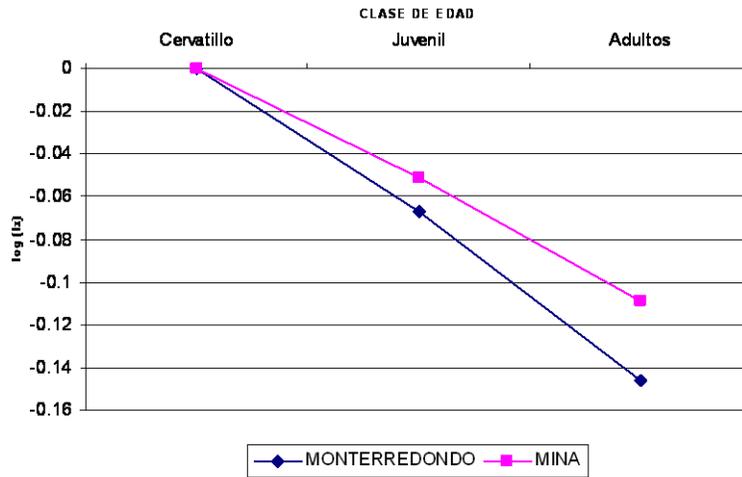
**Tabla 5.** Parámetros demográficos de dos poblacionales locales de venado cola blanca en dos sectores del PNN Chingaza.

SECTOR	Clase de edad x	$n_x$	$D_x$	$l_x$	$q_x$	$S_x$	$L_x$	$T_x$	$e_x$	$m_x$	$l_x m_x$	$x l_x m_x$	$R_0$ (ind)	$T$ (ind/año)	$R$ (ind/ind*año)	$\lambda$
MONTERREDONDO 17.769 (1.527) venados/ km <sup>2</sup> (desviación estándar)	Cervatillos	7	1	1	0.143	0.857	6.5	14.5	2.071	0	0	0	<b>1.46</b>	<b>1.62</b>	<b>0.23</b>	<b>1.26</b>
	Juveniles	6	1	0.857	0.167	0.833	5.5	8	1.333	0.64	0.549	0.549				
	Adultos	5	5	0.714	1	0	2.5	2.5	0.5	1.27	0.907	1.814				
		0	0	0	-----	-----		0	-----		1.456	2.363				
MINA 23.183 (2.205) venados/ km <sup>2</sup> (desviación estándar)	Cervatillos	9	1	1	0.111	0.889	8.5	19.5	2.167	0	0	0	<b>1.56</b>	<b>1.63</b>	<b>0.27</b>	<b>1.31</b>
	Juveniles	8	1	0.889	0.125	0.875	7.5	11	1.375	0.64	0.569	0.569				
	Adultos	7	7	0.778	1	0	3.5	3.5	0.5	1.27	0.988	1.976				
		0	0	0	-----	-----		0	-----		1.557	2.544				

<b><math>n_x</math></b>	Numero de individuos en la clase de edad x.	<b><math>R_0</math></b>	Tasa reproductiva neta
<b><math>D_x</math></b>	Número de individuos que mueren en el transcurso de la clase de edad x.	<b><math>T</math></b>	Tiempo generacional
<b><math>l_x</math></b>	Proporción de individuos que sobreviven al inicio de la clase de edad x. $n_x/n_{x0}$	<b><math>R</math></b>	Tasa intrínseca de crecimiento poblacional
<b><math>q_x</math></b>	Tasa de mortalidad entre x y x+1.	<b><math>\lambda</math></b>	Tasa finita de crecimiento poblacional
<b><math>e_x</math></b>	Esperanza de vida de la clase de edad x.		
<b><math>S_x</math></b>	Tasa de sobrevivencia de la clase de edad x.		
<b><math>L_x</math></b>	Número promedio de individuos vivos durante cada clase de edad.		
<b><math>T_x</math></b>	Valor para determinar $e_x$ .		
<b><math>m_x</math></b>	Fecundidad		

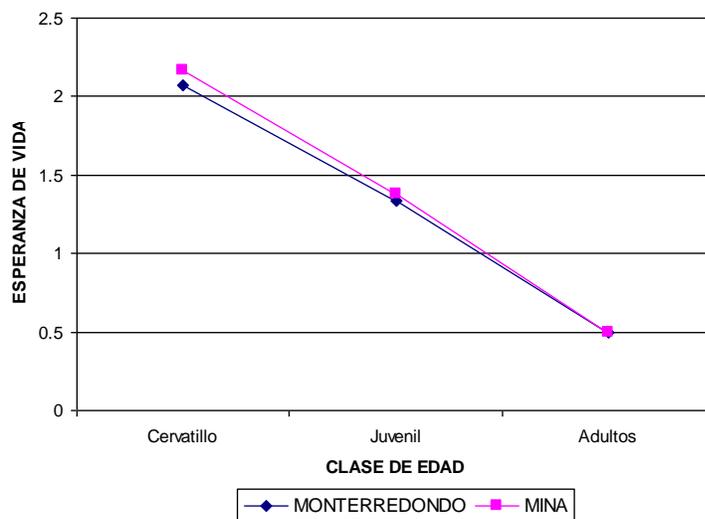
Las curvas de supervivencia para las dos poblaciones locales de venado cola blanca en el PNN Chingaza corresponden al tipo II. Lo anterior indica una tasa constante de mortalidad independiente de la clase de edad (Fig. 8).

**Figura 8.** Curvas de supervivencia de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el PNN Chingaza



La esperanza de vida al nacer fue de 2.07 en Monterredondo y de 2.17 en la Mina, lo que implica que los venados recién nacidos tienen una alta probabilidad de llegar a la clase juvenil pero una probabilidad muy baja de alcanzar la clase adulta (Figura. 9)

**Figura 9.** Esperanza de vida de poblaciones locales de venado cola blanca del PNN Chingaza.



## 2.4 Discusión

### 2.4.1 Tamaño poblacional

La estimación de la densidad poblacional usando la técnica FSC en parcelas y transectos es la primera realizada para la especie en el país y para los sectores de Monterredondo y La Mina en el PNN Chingaza. Esta técnica requirió una visita de campo para obtener la información correspondiente (establecimiento del transecto y muestreo), mientras que para FAR fueron necesarias tres visitas.

Las densidades obtenidas por la técnica FAR para la primera y segunda revisión (FAR-1 y FAR-2) evidencian que el tiempo de depósito influye notoriamente en la estimación del parámetro poblacional. Esto es, a medida que el tiempo de depósito aumenta, la densidad estimada se hace más pequeña. El inconveniente con esperar más tiempo para que se acumulen los grupos fecales radica en la logística misma del muestro.

Sin embargo, se evidenció que la densidad poblacional obtenida por las técnicas FAR y FSC, los dos tipos de transectos y para los dos sectores fue similar y teniendo en cuenta que los lugares en los que se establecieron dichos transectos en ambos sectores fueron escogidos previa verificación de grupos fecales, se propone que la densidad poblacional del venado cola blanca para los sectores de Monterredondo y la Mina en el Área Protegida es de 17.769 y 23.183 venados/km<sup>2</sup>.

Estas densidades se encuentran dentro de las reportadas en varias investigaciones en Colombia y México (Tabla 6). En relación con la información reportada para Colombia y para el PNN Chingaza debe mencionarse que ésta no es comparable principalmente por:

1. El tipo de investigación realizada, dado que el trabajo de Rodríguez *et al.* (2004) es un estudio de corta duración.
2. Número mínimo de pellets que definieron un grupo fecal, debido a que no se conoce esta información para la investigación de Ramos (1995) y
3. La información estimada en el presente estudio se obtuvo donde previamente se verificó la presencia de grupos fecales de la especie.

72 Efecto de la estructura del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones locales de Venado Cola Blanca, *Odocoileus virginianus goudotii*, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Colombia)

**Tabla 6.** Densidad poblacional (ind/km<sup>2</sup>) calculada a partir del censo de grupos fecales en diferentes hábitats de Colombia y México. S.i.: sin información.

Densidad media (ind/km <sup>2</sup> )	Técnica	Tiempo de descomposición o de depósito (días)	Tasa defecación (grupos fecales/ind/día)	Número mínimo de pellets que definieron un grupo fecal	Hábitat	Autor	País
13.3	FAR-P	83.2	27	5	Selva baja caducifolia	Mandujano (1992)	México
28.1 (3.8)	FAR-P	83.2	12.7	5			
21 (2.7)	FAR-P	120	12.7	5	Bosque de pino-encino	Gallina (1994)	
4.83 (0.98)	FAR-P	s.i	12.7	s.i.	Bosque de pino-encino	Valenzuela (1994)	
1.13 +/- 1.15	FAR-P	s.i	12.7	s.i.	Bosque templado	Ortiz-Martínez <i>et al.</i> (2005)	
1.08 +/- 0.01	FAR-P	s.i	25	5	Bosque tropical seco	López-Tellez <i>et al.</i> (2007),	
5	FSC-P	123 +/- 2.8	25	10	Selva baja caducifolia	Camargo-Sanabria (2008)	
3.2	FSCT	123 +/- 2.8	25	10			
3.3					Bosque subandino-páramo. PNN Chingaza-Monterredondo		Colombia
1	FAR-P	30	12.7	s.i.		Ramos (1995)	
1.1 x 10 <sup>-4</sup>	FAR-P	s.i	12.7	10	Páramo	Garavito (2004)	
28.5	FAR-P	120	12.7	5	Páramo. PNN Chingaza-Valle de los Frailejones	Rodríguez <i>et al</i> (2004)	
3.54	FAR-P	100	12.7	s.i.	Páramo	Alarcón (2009)	
3.21	FAR-P	100	14	s.i.			
2.44	FAR-P	100	34	s.i.			
17.769	FSC-P	277.80	23.26	5	Páramo y Bosque subandino en sucesión primaria PNN Chingaza - La Mina		
23.183	FSC-P	277.80	23.26	5	Bosque subandino secundario-páramo. PNN Chingaza-La Monterredondo	Este estudio	

Teniendo en cuenta que lo mencionado anteriormente es importante y que no hay otra información sobre la densidad poblacional usando el censo de grupos fecales del venado cola blanca en el PNN Chingaza, se requiere estandarizar la estimación empleando la misma tasa de defecación es decir 12.7 grupos fecales/ind/día, con lo cual la densidad para el sector de Monterredondo sería de 32.54 ind/km<sup>2</sup> y para la Mina de 42.46 ind/km<sup>2</sup>. Lo anterior permite evidenciar que la estimación del tamaño poblacional es sobreestimada por el uso de tasa de defecación baja. Por lo tanto, se confirma la necesidad de conocer esta información en particular para cada zona de estudio en la que se pretenda estimar la densidad poblacional.

Debido a que la única forma de conocer el número real de venados cola blanca en el área de estudio es a través del censo directo y marcaje de cada uno de los individuos, se considera que las estimaciones que se obtengan para este parámetro poblacional por el uso de métodos indirectos como el censo de grupos fecales deben ser lo más conservadoras ya que se pueden tomar acciones de manejo equivocadas ocasionando el detrimento de las poblaciones.

Adicional a lo anterior, se observó cualitativamente que el tamaño mínimo de pellets que conforman un grupo fecal para designarlo como tal, también afecta considerablemente la estimación de la densidad cuando se usa el modelo propuesto por Eberhardt & Van Etten (1956). En este estudio, se consideró que un grupo fecal comprende mínimo cinco pellets, sin embargo en otros estudios se ha utilizado el tamaño mínimo de diez pellets para realizar la estimación de la densidad poblacional (Tabla 6). En esta investigación y a partir de once grupos fecales se obtuvo un tamaño mínimo de 44 pellets para definir un grupo fecal que permitiera obtener el valor promedio de las variables peso y volumen con una precisión del 95%, para posteriormente clasificarlos en alguna de las tres clases de edad. Un proceso similar puede plantearse para definir un único tamaño mínimo muestral de pellets como grupo fecal para la especie en la zona de estudio, para lo cual se debe tener en cuenta el muestreo de grupos fecales provenientes de individuos a los que se les conozca el sexo y se le determine la clase de edad a la que pertenece.

## 2.4.2 Clases de edad, tablas de vida vertical y tasas vitales

En este estudio, se estimó y ajustó la estructura poblacional para Monterredondo de 2:2:8 (cervatillos: juveniles: adultos, respectivamente) y para la Mina de 2:2:10 evidenciando una mayor proporción para los adultos, mientras que Valenzuela (1994) reportó mayor proporción de cervatillos (0,43: 0,27: 0,23) y Gallina (1994) mayor proporción de juveniles (0,28: 0,51: 0,21). De acuerdo con Teer *et al.* (1965, citados por Ezcurra & Gallina 1981) la distribución de edades de una población estable de venados se aproxima a la razón de 3:2:5, es decir una mayor proporción de adultos, seguida por los cervatillos.

En los cálculos hechos para obtener las tablas de vida estáticas se trabaja bajo el supuesto que la población es estacionaria, es decir que presenta el mismo comportamiento a través del tiempo y por lo tanto, cada clase de edad debe tener mayor número de individuos que la siguiente (Rabinovich, 1980). Dado que en este estudio el número de individuos adultos en los dos sectores es mucho más alto que para las otras dos clases de edad, se considera que tanto la clase cervatillos como la de juveniles, probablemente fueron subestimadas debido a la condición misma del comportamiento huidizo y de protección contra depredadores o porque el criterio del tamaño mínimo muestral de pellets definido para realizar la distribución en las clases de edad fue muy alto, ya que no tuvo en cuenta si habían diferencias entre el número total de pellets que forman un grupo fecal de cervatillos y juveniles.

La curva de sobrevivencia obtenida para las dos poblaciones locales en Monterredondo y la Mina corresponde al Tipo II lo cual indica una tasa constante de mortalidad independiente de la clase de edad. La mortalidad constante puede relacionarse con la presencia de depredadores y la cacería furtiva en el Área Protegida. Dentro del parque se han registrado posibles depredadores de venado como perros ferales, pumas y en algunos casos el oso de anteojos, así como eventos de cacería por parte de habitantes de la región (campesinos, ciudadanos y del Batallón de Alta Montaña). Es muy probable que la cacería y los perros ferales sean la principal causa de la mortalidad de individuos adultos, juveniles y cervatillos en los dos sectores del parque.

En cuanto a la esperanza de vida igualmente se pudo observar que las dos poblaciones locales mostraron un comportamiento similar y los valores en cada clase de edad fueron

semejantes, mostrando que la probabilidad de llegar a la etapa adulta es muy baja, lo cual puede estar relacionado con la cacería y la depredación. Debe tenerse en cuenta que como la clase de los adultos presenta mayor número de individuos que las otras dos clases en los dos sectores, tanto los cervatillos como los juveniles pueden estar siendo afectados por una mayor presión que en el pasado, tal vez ocasionado por el crecimiento del grupo de perros ferales en el Área Protegida (aún no corroborado).

Aún cuando las curvas de sobrevivencia fueron de tipo II en los dos sectores, las tasas vitales calculadas permitieron evidenciar el crecimiento de las dos poblaciones locales ( $\lambda > 1$ ). La tasa reproductiva neta fue mayor uno ( $R_0 > 1$ ) lo que muestra que cada hembra está siendo reemplazada por más de una hembra. De igual forma, la tasa intrínseca de crecimiento fue mayor a cero ( $r > 0$ ) lo cual implica que en promedio en un año una hembra de la población produce 0.23 y 0.27 hembras en Monterredondo y la Mina, respectivamente. El tiempo generacional fue similar para las dos poblaciones locales de venado cola blanca: 1.62, indicando que las hembras aproximadamente a los 1.6 años tienen una cría hembra.

## 2.5 Conclusiones

**El esfuerzo de muestreo usando en la técnica FSC fue menor a la usada en FAR.**

Las densidades obtenidas usando las técnicas FAR y FSC tanto en transectos como en parcelas fueron similares por lo tanto, para el monitoreo de las dos poblaciones locales se deben tener en cuenta las densidades de 17.769 venados/ km<sup>2</sup> para Monterredondo y de 23.183 venados/ km<sup>2</sup> para la Mina. Esta información debe ser tomada con precaución dado que dichos transectos se establecieron en lugares en donde previamente se había verificado la presencia de venados y grupos fecales.

Se obtuvo una muestra de referencia de 54 grupos fecales de venados cola blanca y a partir del análisis discriminante se logró la predicción del 89.3 % para definir tres clases de edad en las dos poblaciones locales de venado cola blanca esto es: cervatillos, juveniles y adultos. El número de individuos por clase de edad (cervatillos:juveniles :adultos) y sector fue el siguiente: 2:2:7 para Monterredondo y de 2:2:10 para la Mina.

Con base en la construcción y análisis de una tabla de vida vertical para cada población local se encontró que las dos están en crecimiento: Ro: 1.46, T:1.62 , r: 0.23 y  $\lambda$ : 1.26 para la población de Monterredondo y Ro: 1.56, T:1.63 , r: 0.27 y  $\lambda$ : 1.31 para la Mina.

## 2.6 Recomendaciones

Definir un grupo fecal a partir de un único tamaño mínimo muestral de pellets para la especie en la zona de estudio, para lo cual se deberá tener en cuenta el muestreo de grupos fecales provenientes de individuos a los que se les conozca el sexo y se le determine y clasifique la edad en una de las tres clases que le corresponda.

Para futuros monitoreos de la densidad poblacional del venado cola blanca en zonas altas del Área Protegida, establecer transectos de 400 m con 40 parcelas circulares de 9.08 m<sup>2</sup> de área, espaciadas cada 10m, implementar la técnica FSC y usar la tasa de defecación de 23.26 grupos fecales/ind/día y el tiempo de descomposición de 277.80 días.

## 2.7 Literatura citada

ALARCÓN, S.M. 2009. Estado Poblacional del Venado Cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en la Vereda Molinos, Municipio de Soatá, Boyacá. Implementando una estrategia para el uso, manejo y conservación de la especie. Tesis de pregrado, Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias y Educación. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá.

BRAZA, F., R. C. SORIGUER, C. SAN JOSE, S. ARAGÓN & P. FANDOS. 1994. Métodos para el estudio de cérvidos. Dirección general de investigación Tecnología y Formación Agroalimentaria y Pesquera

CAMARGO-SANABRIA, A. A. 2008. Evaluación del conteo de grupos fecales y del análisis morfométrico de pellets como métodos de obtención de parámetros demográficos del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus mexicanus*) en puebla,

México. Tesis de Maestría. Maestría en Ciencias. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México.

CATTADORI, I. M., D. T. HAYDON, S. J. THIRGOOD & P. J. HUDSON. 2003. Are indirect measures of abundance a useful index of population density? The case of red grouse harvesting. *Oikos* 100: 439-446

CAUGHLEY, G. & A. R. E. SINCLAIR. 1994. *Wildlife ecology and management*. Blackwell Scientific Publications. Boston.

CORONEL ARELLANO, H., C.A. LÓPEZ GONZALEZ & C. N. MORENO ARZATE. 2009. ¿Pueden las variables de paisaje predecir la abundancia de venado cola blanca? El caso del Noroeste de México. *Tropical Conservation Science* Vol.2(2):229-236, 2009. [Mongabay.com](http://Mongabay.com) Open Access Journal.

DIMMICK, R. W. & M. R. PELTON. 1996. Criteria of sex and age. Págs. 169-214 en: BOOKHOUT, T. A (ed). *Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats*. Fifth edition. The Wildlife Society. Bethesda, MD., USA.

EBERHARDT, L. & R. C. VAN ETEN. 1956. Evaluation of the pellet group count as a deer census method. *The Journal of Wildlife Management* 20: 70-74.

EZCURRA, E. & S. GALLINA. 1981. Biology and population dynamics of white-tailed deer in northwestern Mexico. Págs. 77-108 En: FFOLLIOTT P. F. & S. GALLINA (eds). *Deer biology, habitat requirements, and management in Western North America*. Instituto de Ecología, A. C. México.

GARAVITO, A. C. 2004. Caracterización y uso de hábitat del venado cola blanca en la Reserva Forestal Protectora de Río Blanco (Cundinamarca). Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

GÓMEZ, L. G. 1997. Estimación de la densidad y tendencia poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en una finca ganadero-cañera del bosque seco de Costa

Rica. Tesis de Maestría. Magíster Science en Conservación y Manejo de Vida Silvestre. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica.

LEMOS, J., R. ROJAS & J. ZUÑIGA. 2005. Técnicas para el estudio de poblaciones de fauna silvestre. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Jiménez editores e impresores S.A. de C.V.

LÓPEZ-TELLEZ, M., S. MANDUJANO & G. YÁÑEZ. 2007. Evaluación poblacional del venado cola blanca en un bosque tropical seco de la Mixteca Poblana. Acta Zoológica Mexicana. 23(3): 1-16

MADRIÑÁN, S. 2010. Flora ilustrada del Páramo de Chingaza. Guía de Campo de plantas comunes. Segunda edición. Universidad de los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá.

MANDUJANO, S. 1992. Estimaciones de densidad el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un Bosque Tropical Caducifolio de Jalisco. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México.

----- & S. GALLINA. 1994. Comparación de métodos para estimar la densidad poblacional del venado cola blanca en un Bosque Tropical Caducifolio de México. Págs. 263- 280 en: VAUGHAN, C. & M. A. RODRÍGUEZ (eds.). Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica. Ed. Euna. Primera edición. Heredia, Costa Rica. 455 pp.

----- & ----- . 2005. Dinámica Poblacional del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) en un bosque tropical seco. Pp: 335-348. En: SÁNCHEZ-CORDERO, V. & R.A. MEDELLÍN. (Eds.) 2005. Contribuciones mastozoológicas en homenaje a Bernardo Villa. Instituto de Biología UNAM, Instituto de Ecología UNAM, Conabio.México. Pp: 705.

-----, S. GALLINA, G. ARCEO & L. A. PÉREZ-JIMÉNEZ. 2004. Variación estacional del uso y preferencia de los tipos vegetacionales por el venado cola blanca en un bosque tropical de Jalisco. Acta Zoológica Mexicana 20(2). Pp 45-67.

OJASTI, J. 2000. Manejo de fauna silvestre neotropical. DALLMEIER, F. (ed). SIMAB Series No. 5. Smithsonian Institution/MAB Program, Washington, D.C.

ORTIZ-MARTÍNEZ, T., S. GALLINA, M. BRIONES-SALAS & G. GONZÁLEZ. 2005. Densidad poblacional y caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus oaxacensis*, Goldman & Kellog, 1940), en un bosque templado de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 21(3): 65-78.

PARQUES NACIONALES NATURALES. 2005. Documento ejecutivo del plan de manejo del Parque Nacional Natural Chingaza 2005-2009.

R Development Core Team. (2010). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.*

RABINOVICH, J. E. 1980. Introducción a la Ecología de poblaciones animales. Compañía Editorial Continental S. A., México.

RAMOS, D. 1995. Determinación de la dieta y utilización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus goudotii*, Gay y Gervais, 1846) en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cordillera Oriental, Colombia). Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

RANGEL-CH., J.O. & C. ARIZA. 2000. La Vegetación del Parque Nacional Natural Chingaza. Págs. 720-753 en: RANGEL-CH, J.O. 2000. La Región de Vida Paramuna. Colombia Diversidad Biótica III. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

RICE, W. & J. HARDER. 1977. Application of multiple aerial sampling to a mark-recapture census of white tailed deer. *Journal of Wildlife Management*. 41 (2): 197-206.

RODRÍGUEZ, G., A. RODRÍGUEZ, Y. VARGAS & A. ZULUAGA. 2004. Comparación de la densidad de población y características del hábitat entre dos zonas específicas del Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia. Proyecto de Ecología Regional Continental, VIII semestre, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

STORM, G., D. COTTAM, R. YAHNER & J. NICHOLS. 1992. A comparison of 2 techniques for estimating deer density. *Wildlife Society Bulletin*. 20:197-203.

VALENZUELA, D. 1994. Estimación de la densidad y distribución de la población del venado cola blanca en el Bosque la Primavera, Jalisco, México. Pp: 247- 262. En:  
VARGAS, O. & P. PEDRAZA, 2004. Parque Nacional Natural Chingaza. Universidad Nacional de Colombia-Convenio de cooperación EAAB – UAESPNN. Bogotá, DC. 167 p.

### **3.Efecto del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones locales de venado cola blanca *Odocoileus virginianus goudotii*, en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia)**

Effect of habitat on two demographics local populations of white-tailed deer *Odocoileus virginianus goudotii* in the Parque Nacional Natural Chingaza (Cundinamarca, Colombia).

#### **Resumen**

Con el objetivo de establecer las diferencias entre la estructura del hábitat en dos sectores y su efecto sobre las tasas vitales de dos poblaciones de venado cola blanca en el PNN Chingaza, se utilizaron seis transectos de 400 m sobre los cuales se establecieron nueve parcelas de 20 m<sup>2</sup>, separadas cada 50 metros. En cada parcela se midieron las variables: riqueza de especies vegetales, estrato dominante, altura del estrato dominante, porcentaje de cobertura del estrato dominante, porcentaje de visibilidad a 5, 10 y 15 metros, altitud, distancia a las fuentes de agua, presencia de depredadores (perros ferales y puma) y presencia de ganado (equino y vacuno) y se relacionó la información con la densidad y las tasas vitales previamente estimadas. Se encontró que la densidad de los venados se correlacionó con la presencia de ganado (0.72), la presencia de predadores (0.85), mientras que está inversamente correlacionada con la riqueza de plantas (entre las que se incluyen las plantas que hacen parte de la dieta) (-0.66) y con el tipo de cobertura del estrato dominante (-0.77). Sin embargo y aunque no hay diferencias significativas en la densidad entre sectores, numéricamente la densidad estimada para la Mina fue mayor, por lo cual se sugiere que posiblemente esto responda a un enriquecimiento de hábitat ya que en el sector hay presencia de piedra caliza y de minerales asociados que seguramente son escasos en las plantas que hacen parte de la dieta para el venado cola blanca en el área de estudio.

**Palabras clave:** características del hábitat, parámetros demográficos, Chingaza, venado cola blanca.

### 3.1 Introducción

La ecología de poblaciones trata de entender cómo las poblaciones de plantas, animales y otros organismos cambian en el tiempo y de un lugar a otro y cómo estas poblaciones interactúan con su ambiente. Este conocimiento puede ser usado para predecir el tamaño o la distribución de una población; para estimar la cantidad en que una población incrementará o decrecerá; o para estimar el número de individuos que pueden ser cosechados, asegurando una probabilidad alta de una cosecha similar en el futuro (Akçakaya *et al.* 1999).

El hábitat es un concepto relacionado a una especie particular y algunas veces incluso a una población particular de planta o animal (Morrison *et al.* 1998). El hábitat es definido como los recursos y condiciones presentes en un área que producen la ocupación, incluyendo supervivencia y reproducción por un organismo dado. El hábitat es especie-específico ya que todos los componentes necesarios para la reproducción y supervivencia no son los mismos para todas las especies (Krausman 1999). Cada animal silvestre tiene requisitos específicos de hábitat y para cualquier especie, sus números y posible distribución en un área determinada, están limitados por la calidad, cantidad y disponibilidad de hábitat (Gysel & Lyon 1980).

En algunas poblaciones se han evidenciado efectos del hábitat sobre la densidad o abundancia, mientras que para otras no. Los factores que influyen en la abundancia de la fauna silvestre, como por ejemplo en los venados, son muy variados e incluyen desde el clima, pasando por parásitos, enfermedades y depredadores en donde se incluyen los cazadores, hasta la disponibilidad de alimento en el hábitat (Galindo –Leal & Weber 1998).

En otros estudios se menciona que las variables como la pendiente, la altura, cobertura, diversidad de árboles, el área basal de árboles, la cobertura de arbustos y la disponibilidad de alimento, explican la variación en la abundancia o distribución de las poblaciones silvestres (Matter 2000, Avey 2001, Rios-Uzeda *et al.* 2005).

En otros mamíferos, la densidad se ha relacionado con el área del hábitat, mostrando patrones de incremento, disminución y densidad constante con el tamaño del hábitat (Bowers & Matter 1997, Connor *et al.* 2000, Matter 2000). De tal manera que para algunas poblaciones, las áreas con mayor densidad presentan mejores condiciones de calidad de hábitat (Pettorelli *et al.* 2001, Marsden & Whiffin 2003), mientras que para otras, la mayor densidad no tiene ninguna relación con los lugares de mejor calidad de hábitat (Wheatley *et al.* 2002).

Esta investigación buscó establecer el efecto del hábitat sobre las características demográficas de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el Parque Nacional Natural Chingaza.

## **3.2 Materiales y métodos**

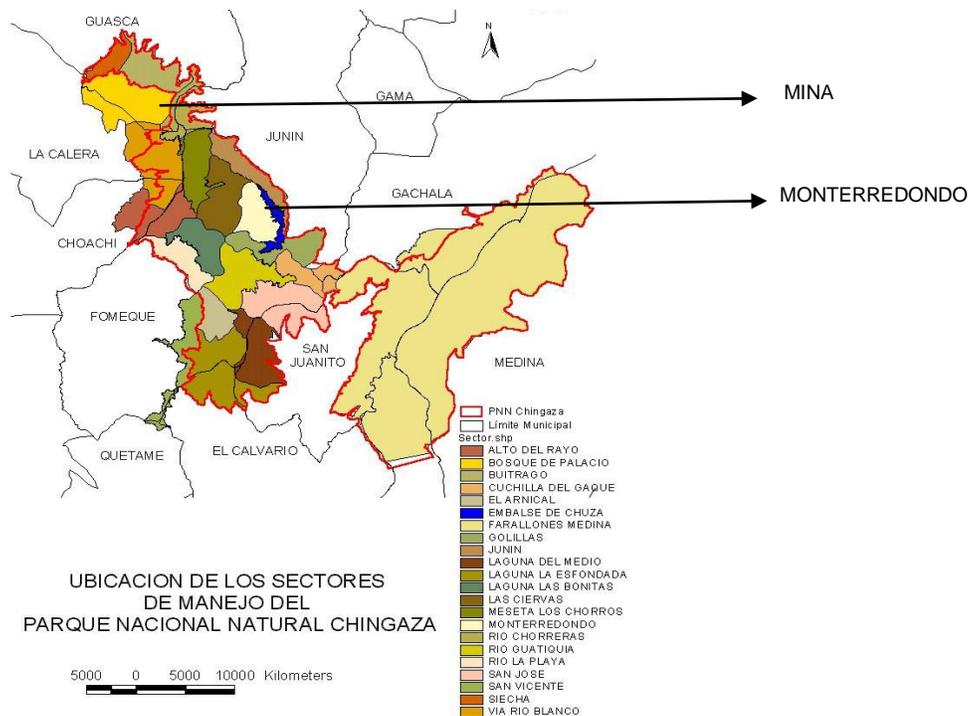
### **3.2.1 Área de estudio**

El PNN Chingaza se encuentra ubicado en Colombia, en la Cordillera Oriental, al nororiente de Bogotá en los 73° 30' y los 73° 55' de longitud oeste y los 4° 20' y 4° 50' de latitud norte. El rango altitudinal va desde los 800 hasta los 4020 msnm (Parques Nacionales Naturales 2005).

El parque se encuentra dividido en 20 sectores (Fig. 1), la estimación de la tasa de defecación se realizó en el sector de Monterredondo, mientras que la estimación del tiempo de descomposición se llevó a cabo en el sector antes mencionado y en la Mina.

Las lluvias fuertes se concentran desde abril hasta finales de septiembre, mientras que los meses menos lluviosos corresponden al periodo entre diciembre y marzo. El mes más seco es febrero con un promedio de 61.01 mm y el más húmedo junio con 350.36 mm (Rangel & Ariza, 2000). Los valores de humedad relativa en el PNN Chingaza sobrepasan el 80% durante todo el año, manteniéndose con frecuencia entre el 85 y 90% (Vargas & Pedraza, 2004).

**Figura 1.** Localización de los sectores Mina y Monterredondo, en el Parque Nacional Natural Chingaza. (Fuente: Parques Nacionales Naturales, 2005).



La vegetación del sector de Monterredondo corresponde a Bosque subandino, en proceso de sucesión secundaria, mientras que la Mina se encuentra en una sucesión primaria bastante lenta desde 1996, fecha en la que se dejó de extraer piedra caliza como materia prima para el cemento (Madrrián, 2010).

### 3.2.2 Muestreo

La fase de campo para la caracterización del hábitat y la estimación del tamaño poblacional se realizó en los sectores de la Mina y Monterredondo entre julio de 2009 y marzo de 2010.

*Características del hábitat.* Para caracterizar el hábitat se utilizaron los mismos transectos de 400 m en los que se estimó el tamaño poblacional del venado cola blanca en cada sector. Sobre cada transecto se establecieron nueve parcelas de 20 m<sup>2</sup>, separadas cada 50 metros. En cada parcela se midieron las variables: riqueza de

especies vegetales, estrato dominante, altura del estrato dominante, porcentaje de cobertura del estrato dominante, porcentaje de visibilidad a 5, 10 y 15 metros, altitud, distancia a las fuentes de agua, presencia de depredadores (perros ferales y puma) y presencia de ganado (equino y vacuno). Todos los datos fueron consignados en una base de datos por parcela, transecto y sector.

Los estratos se diferenciaron siguiendo la propuesta de Rangel & Lozano (1986 en Rangel 1997): Razante (1) 0-30 cm, herbáceo (2) 30-150 cm, arbustivo (3) 150-500 cm, arbolitos (4) 500 -1200 cm.

El porcentaje de visibilidad se midió usando una vara metálica de 2 metros de alto, dividida en 10 secciones de 20 cm. La vara se colocó de forma vertical, a tres distancias diferentes (5, 10 y 15 metros) y en cuatro direcciones (Norte, Sur, Oriente y Occidente), respecto al centro de la parcela. Se registró el número de secciones visibles o porcentaje de visibilidad en cada caso. Posteriormente, las cuatro lecturas se promediaron para obtener un valor de cobertura por cada distancia.

La localización de las fuentes de agua se realizó mediante la búsqueda desde cada parcela hasta máximo 60 metros. Se registró con el valor de 1 cuando se encontraron las fuentes de agua entre 0 y 30 metros, 2 cuando se encontraron entre 30 y 60 metros y 3 cuando se encontraban a más de 60 metros.

Las especies botánicas se identificaron en campo con la ayuda de guías botánicas del PNN Chingaza (Madriñán 2010). Para aquellos individuos que no fueron determinados en campo se realizó el registro fotográfico correspondiente y se colectó material botánico para su posterior determinación en el laboratorio del Herbario Nacional Colombiano.

Tanto la presencia de depredadores como la presencia de ganado se registraron usando unos y ceros, uno cuando estuvieron presentes y cero cuando no se tuvo evidencia alguna. La información para esta variable se obtuvo con registros auditivos o visuales.

*Parámetros demográficos:* La densidad correspondió a la estimación obtenida usando la técnica FSC para lo cual se establecieron seis transectos de 400 m de longitud y sobre cada uno se ubicaron 40 parcelas circulares de 9.08 m<sup>2</sup> cada una, que estuvieron separadas cada 10 metros.

Las 240 parcelas se muestrearon entre el 15 septiembre y 6 de octubre de 2009. Se realizó el censo de grupos fecales de venado cola blanca en la totalidad del área de muestreo. Los grupos fecales se identificaron por color, textura, apariencia y por estar constituidos por mínimo 5 pellets. Cuando se encontró un grupo fecal sobre los límites del área de la parcela, se observó si más del 50% del total de los pellets del grupo se encontraban dentro del área de muestreo.

La densidad de la población se estimó con el modelo de Eberhardt & Van Etten (1956) La fórmula que calcula el número de venados por kilómetro cuadrado a partir del número de grupos fecales es:

$$D = \frac{(NP)(PG)}{(TP)(TD)}$$

En donde **NP** corresponde al número de parcelas de 9.29 m<sup>2</sup> en 1 Km<sup>2</sup> **PG** es número promedio de grupos fecales por parcela, **TP** es el tiempo de descomposición de los grupos fecales cuando se emplea la técnica FSC y **TD** es la tasa de defecación.

Se utilizó la información previamente obtenida para el área de estudio de la tasa de defecación de 23.26 grupos fecales/individuo/día y del tiempo de descomposición de los grupos fecales de venado cola blanca que corresponde a 277.80 días (este volumen, capítulo 1).

Para obtener las tasas vitales del venado cola blanca en los dos sectores, se colectaron 497 grupos fecales compuestos por mínimo 44 pellets. Éstos se usaron para calcular el volumen y el peso de cada uno y así establecer la estructura de edades. Con esta información y teniendo en cuenta la tasa de defecación se calculó el número de venados presentes en cada sector. Posteriormente y de acuerdo con Ezcurra & Gallina (1981), se usó la proporción de sexos en adultos de 2 hembras: 1 macho, mientras que en cervatillos y juveniles, se manejó 1 hembra: 1 macho, ya que esta relación se ha referenciado para poblaciones de venados estudiadas por diversos autores (Gallina 1994). Así mismo, se utilizó la fecundidad de hembras adultas de 1.27 y en hembras juveniles de 0.64 (*op cit.*).

Con base en la información anterior, se construyó una tabla de vida vertical para las dos poblaciones locales de venado cola blanca de Monterredondo y la Mina, a partir de la cual se obtuvo que tanto la tasa reproductiva neta ( $R_0$ ), la tasa finita de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ), la tasa intrínseca de crecimiento ( $r$ ) y el tiempo generacional ( $T$ ).

*Análisis de datos:* Se realizó un análisis descriptivo de las variables cuantitativas y se compararon entre los dos sectores usando una prueba de Mann Whitney. Se realizó un Análisis de Componentes Principales usando R.2.11 y el paquete R-comander, mediante el uso de las variables de hábitat estandarizadas para verificar el efecto de las características del hábitat sobre los parámetros demográficos de las dos poblaciones locales de venado cola blanca en el PNN Chingaza. Se realizó una Correlación de Pearson entre las variables del hábitat para cada parcela y los valores de densidad poblacional. En todos los casos se utilizó un nivel de confianza del 95%.

## 3.3 Resultados

### 3.3.1 Características del hábitat

Las variables que se usaron para caracterizar el hábitat de las dos poblaciones locales de venado cola blanca en el PNN Chingaza se presentan en la tabla 1. Como se observa, los sectores son diferentes entre sí ( $P < 0.05$ ) excepto con la presencia de depredadores y la distancia a las fuentes de agua. En ambos sectores se registró auditiva y visualmente la presencia de perros ferales. De igual forma, la distancia a los cuerpos de agua estuvo entre 30 y 60 m. Respecto a la presencia de ganado, se observaron bóvidos y equinos únicamente en la Mina.

En Monterredondo se registraron 66 especies de plantas distribuidas en 23 familias y en la Mina se registraron 41 especies y 19 familias botánicas. En el primer sector las familias que tuvieron mayor riqueza fueron Asteraceae (15 sp.), Cyperaceae (9 sp.), Hypericaceae (7 sp.) y Poaceae (7 sp.), mientras que en el segundo sector fueron las familias Asteraceae (8 sp.), Poaceae (6 sp.) y los Briófitos (5 sp.) presentaron mayor riqueza (Tabla 2).

**Tabla 1.** Variables del hábitat para dos sectores del PNN Chingaza. Se presenta el promedio, la desviación estándar entre paréntesis y el valor de P para la prueba de Mann Whitney ( $\alpha=0,05$ ).

VARIABLE	SECTOR		Valor P
	MONTERREDONDO	MINA	
% Visibilidad a 5 (m)	60 (1.27)	90 (1.03)	4.41E-10
% Visibilidad a 10 (m)	40 (1.73)	80 (1.52)	4.88E-09
% Visibilidad a 15 (m)	20 (1.63)	70 (2.68)	1.73E-07
Altitud (msnm)	3174.67 (137.88)	3619.26 (46.17)	3.01E-10
Riqueza de especies de plantas	10.67 (3.15)	4.81 (2.15)	2.05E-09
Distancia a fuentes de agua (m)	30 – 60	30 - 60	
Estrato dominante	Herbáceo	Razante	
Altura estrato dominante (cm)	87.41 (58.94)	26.22 (28.82)	1.36E-06
% Cobertura estrato dominante	83.12 (16.12)	87.96 (27.08)	
Presencia de depredadores	Si	Si	
Presencia de ganado	No	Si	

**Tabla 2.** Familias y especies de plantas registradas en dos sectores del PNN Chingaza. \*Especies de plantas que hacen parte de la dieta del venado cola blanca de acuerdo con Mateus-Gutiérrez & López Arévalo (en preparación).

FAMILIA/ESPECIE	SECTOR	
	MONTERREDONDO	MINA
<b>APIACEAE</b>		
<i>Erygium humboldtii</i>	X	
<b>ASTERACEAE</b>		
<i>Baccharis brachilaeniodes</i>	X	
<i>Baccharis cf. Prunifolia</i>	X	
<i>Baccharis resoluta</i>	X	
* <i>Bidens andicola</i>	X	
<i>Diplostephyum cf. Barclayanum</i>	X	
<i>Diplostephyum heterophyllum</i>	X	
<i>Diplostephyum phyllicoides</i>	X	
<i>Espeletia argentea</i>	X	
<i>Espeletia grandiflora</i>	X	x

FAMILIA/ESPECIE	SECTOR	
	MONTERREDONDO	MINA
<i>Gamochaeta spicata</i>		x
<i>Gnaphalium lanuginosum</i>		x
<i>Gynoxis hirsuta</i>	X	
<i>Gynoxis</i> sp.	X	
<i>Senecio formosoides</i>	X	X
<i>Senecio formosus</i>	X	X
<i>Senecio niveoaurus</i>		X
<i>Sisyrinchium convolutum</i>		X
* <i>Taraxacum officinale</i>		X
BERBERIDACEAE		
<i>Berberis goudotii</i>	X	
BRASICACEAE		
<i>Draba</i> cf. <i>Rositae</i>		X
BRIOFITOS		
<i>Brachythecium</i>		X
<i>Breutelia</i> sp.	X	
Morfoespecie 1	X	X
Morfoespecie 2	X	
<i>Didymodon</i>		X
<i>Peurozium</i> sp.	X	
<i>Pogonatum</i>		X
<i>Sphagnum magellanicum</i>	X	X
BROMELIACEAE		
<i>Puya trianae</i>	X	X
<i>Puya goudotiana</i>	X	
<i>Puya santosii</i>	X	
CARIOPHYLLACEAE		
<i>Cerastium</i> sp.		X
<i>Drimaria</i> sp.	X	
CLADONIACEAE		
<i>Cladonia</i> sp.	X	
CYPERACEAE		
<i>Carex</i> aff. <i>Jamesonii</i>	X	
<i>Carex bonplandii</i>	X	
<i>Carex pichinchenses</i>	X	X
Morfoespecie 1	X	
Morfoespecie 2	X	
Morfoespecie 3	X	X
<i>Rhynchospora polyphylla</i>	X	
<i>Rhynchospora ruiziana</i>	X	X
ERICACEAE		
* <i>Pernetia prostrata</i>	X	
ERIOCAULACEAE		
<i>Paepalanthus karstenii</i>	X	X
<i>Paepalanthus dendroides</i>	X	

FAMILIA/ESPECIE	SECTOR	
	MONTERREDONDO	MINA
ESCALLONIACEAE		
<i>Escallonia myrtilloides</i>	X	
FABACEAE		
* <i>Trifolium repens</i>		X
GENTIACEAE		
<i>Halenia</i> sp.	X	X
HYPERICACEAE		
<i>hypericum</i> cf. <i>junipericum</i>	X	X
<i>Hypericum aciculare</i>	X	
* <i>Hypericum</i> aff. <i>tuyoides</i>	X	
<i>Hypericum castellanosi</i>	X	
<i>Hypericum goyanesii</i>	X	
<i>Hypericum juniperinum</i>	X	X
<i>Hypericum mexicanum</i>	X	
<i>Hypericum selaginoides</i>	X	
IRIDACEAE		
<i>Orthrosanthus chimborasensis</i>	X	
<i>Sisyrinchium convolutun</i>	X	
JUNCACEAE		
<i>Juncus echinocephalus</i>	X	
LYCOPODIACEAE		
<i>Lycopodium clavatum</i>	X	X
<i>Lycopodium thyoides</i>		X
MARCHANTIACEAE		
<i>Marchantia alicata</i>		X
MELASTOMATACEAE		
<i>Catastrela piloselloides</i>	X	
<i>Miconia ligustrina</i>	X	
POACEAE		
<i>Chusquea tesellata</i>	X	X
<i>Cortaderia nitida</i>	X	
* <i>Holcus lanatus</i>	X	
<i>Calamagrostis</i> sp.	X	X
Morfoespecie 2	X	X
Morfoespecie 3	X	
Morfoespecie 4		X
Morfoespecie 5		X
Morfoespecie 6		X
<i>Paspalum hirtum</i>	X	
POLIGONACEAE		
<i>Rumex acetosella</i>		X
PTERIDOFITOs		
<i>Jamesonia</i> aff. <i>bogotensis</i>	X	X
<i>Blechnum loxense</i>	X	
RANUNCULACEAE		

FAMILIA/ESPECIE	SECTOR	
	MONTERREDONDO	MINA
<i>Ranunculus flagelliformis</i>		x
ROSACEAE		
<i>Acaena</i> sp.		x
* <i>Hesperomeles goudotiana</i>	X	
* <i>Hesperomeles</i> sp.	X	
<i>Lachemilla orbiculata</i>		x
<i>Lachemilla</i> sp.	X	
RUBIACEAE		
<i>Arcytophyllum nitidum</i>	X	
SCROPULARIACEAE		
* <i>Aragoa abietina</i>	X	x
<i>Calceolaria hirtiflora</i>		X
UMBELÍFERA		
orfoespecie 1		X

### 3.3.2 Parámetros demográficos

La tabla 3 presenta los parámetros demográficos para las dos poblaciones locales de venado cola blanca de Monterredondo y la Mina se obtuvo que tanto la tasa reproductiva neta y la tasa finita de crecimiento poblacional fueron mayores a uno ( $R_0 > 1$  y  $\lambda > 1$ , respectivamente), la tasa intrínseca de crecimiento mayor a cero ( $R > 0$ ), como el tiempo generacional ( $T = 1.6$ ) fueron similares para los dos sectores. De igual forma, la densidad ( $\text{ind}/\text{km}^2$ ) fue similar en ambos sectores ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 3.** Tasas vitales para dos poblacionales locales de venado cola blanca en dos sectores del PNN Chingaza.  $R_0$ : Tasa reproductiva neta,  $T$ : tiempo generacional,  $R$ : tasa intrínseca de crecimiento poblacional y  $\lambda$ : tasa finita de crecimiento poblacional.

PARÁMETROS POBLACIONALES	MONTERREDONDO	MINA	Valor P
Densidad venados/ $\text{km}^2$ (desviación estándar)	17.769 (1.527)	23.183 (2.205)	0.38
$R_0$ (individuos)	1.46	1.56	
$T$ (individuos/año)	1.62	1.63	
$R$ (individuos/individuos*año)	0.23	0.27	
$\lambda$	1.26	1.31	

### 3.3.3 Relación características del hábitat vs parámetros demográficos

El Análisis de Componentes Principales (PCA) se realizó entre las variables estandarizadas: % visibilidad a 10 m, altitud, riqueza de especies botánicas, altura del estrato dominante y cobertura del estrato dominante. No se emplearon las variables % visibilidad a 5m y % visibilidad a 15m por estar altamente correlacionadas con el % visibilidad a 10m. Los resultados del análisis son representativos en la medida que pueden explicar gran porcentaje de la varianza en los primeros dos componentes (Tabla 4).

**Tabla 4.** Valores de explicación de las componentes del PCA para las variables: % visibilidad a 10 m, altitud, riqueza de especies botánicas, altura del estrato dominante y cobertura del estrato dominante en el PNN Chingaza.

	% Varianza explicada	% Varianza Acumulada
Componente 1	<b>51.890</b>	51.890
Componente 2	18.504	<b>70.394</b>
Componente 3	14.333	84.727
Componente 4	9.249	93.976
Componente 5	4.014	97.990
Componente 6	2.010	100.000

Adicionalmente se realizó un agrupamiento jerárquico del análisis de componentes principales (HCPCA) para analizar las parcelas de los transectos en donde se realizó el muestreo de acuerdo a sus características y considerando los primeros cinco ejes de ordenación del PCA. En este análisis se logró identificar seis grupos de puntos (Fig. 2), los cuales fueron relacionados con las variables empleadas y otras variables de carácter cualitativo tomadas en campo (Tabla 5). Sin embargo, los grupos mantuvieron el sector original.

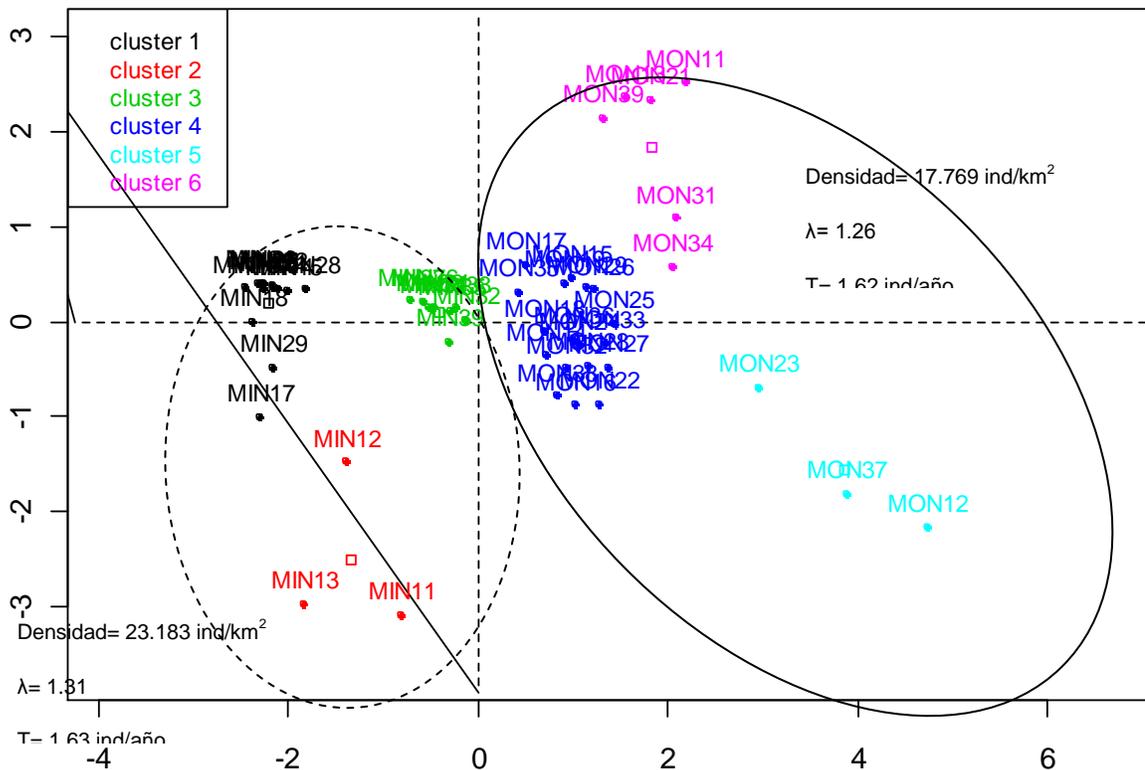
Adicionalmente se encontró una correlación (de Pearson) directa entre la densidad de venados y la presencia de ganado (0.72), la presencia de predadores (0.85), la distancia a las fuentes de agua (0.24), la altitud (0.4) y el % de visibilidad a 10 m (0.84), siendo la distancia a las fuentes de agua y la altitud las variables menos relacionadas con las características de los clusters. Finalmente, se encontró que la densidad de los venados

esta inversamente correlacionada con la riqueza vegetal (-0.66) y con el tipo de cobertura (-0.77).

**Tabla 5.** Aporte de las variables para la construcción de las componentes. En negrita se resaltan los valores más significativos para cada componente.

VARIABLE	Componente 1	Componente 2
% Visibilidad a 10m	<b>26.309</b>	0.295
Altitud	<b>17.829</b>	2.088
Riqueza de especies botánicas,	4.366	<b>34.290</b>
Altura del estrato dominante	<b>23.356</b>	5.223
Cobertura del estrato dominante	1.184	<b>57.582</b>

**Figura 2.** Grafico de ordenación del HCPCA, donde se evalúan los dos primeros ejes de ordenación del PCA y se muestra la distribución de los puntos de muestreo. Cada color representa un grupo identificado por el agrupamiento jerárquico.



### 3.4 Discusión

Higgins *et al.*, (1994) afirman que la vegetación provee a la vida silvestre con los tres elementos esenciales para mantener poblaciones viables: comida, cobertura y a veces fuentes de agua. Es por esto que tanto en el sector de Monterredondo y la Mina, se midieron al menos seis variables que estuvieron asociadas a la estructura y composición de la vegetación.

De todas las especies de plantas registradas en ambos sectores sólo se registraron ocho que hacen parte de la dieta del venado cola blanca: *Bidens andicola*, *Pernetia prostrata*, *Holcus lanatus*, *Hesperomeles goudotiana*, *Hypericum aff. tuyoides* para el sector de Monterredondo, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens* en la Mina y *Aragoa abietina* presente en los dos sectores. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la información sobre la dieta del venado cola blanca en el PNN Chingaza se ha estudiado con más frecuencia en el sector de Monterredondo por la facilidad de observación directa de los venados durante la alimentación (Ramos 1995, Mora & Mosquera 2000, Mateus-Gutiérrez *et al.*, (2003).

El porcentaje de visibilidad reportado a las tres distancias en ambos sectores indica que en la Mina los venados son más fáciles de ver, es decir que la estratificación dominante de tipo rasante con una altura cercana a los 26 cm, proporciona una cobertura de protección o cobertura de escape entre el 10 y 30%, mientras que en Monterredondo está entre el 40 y 80% en donde la estratificación dominante es de tipo herbáceo con una altura próxima a los 87 cm. Al respecto, Mandujano (1994) describe que el hábitat óptimo para el venado cola blanca debe tener coberturas de escape, de protección contra el clima, áreas de alimentación, de nacimiento y de crianza, entre otras .

Los resultados muestran que la distribución de los puntos de muestreo responde a un carácter espacial (las parcelas de los transectos se agrupan) y muestran una relación parcial con la densidad poblacional del venado cola blanca en el sentido que los grupos cercanos tienen la misma densidad. Adicionalmente, se estableció que las variables que tuvieron una mayor relación con la organización de los puntos de muestreo y por tanto la aparición de los grupos, fueron en primera medida el % de visibilidad a 10 m y la altura

del estrato predominante, mientras en segunda medida fueron la riqueza de especies de plantas y el porcentaje de cobertura del estrato dominante.

Aunque no se realizaron correlaciones con el % de especies vegetales importantes en la dieta del venado en los dos sectores y al encontrar que la densidad de los venados está inversamente correlacionada con la riqueza de plantas (entre las que se incluyen las plantas que hacen parte de la dieta) y con el tipo de cobertura, se puede suponer que entre menos compleja sea la estructura y composición de la vegetación, mayor será la presencia de venados. Scalet *et al.*, (1996) menciona que la disponibilidad de alimento, agua y refugio son los que determinan en gran parte la supervivencia de una población en un hábitat ya que afecta su comportamiento e influye en sus parámetros poblacionales. La cantidad relativa de estos factores, el tamaño y la forma de las comunidades vegetales y la relación espacial (estructura horizontal) entre ellos, es lo que va posibilitar que un hábitat sea adecuado para mantener una población de una especie de fauna, en las condiciones necesarias para su desarrollo. En la tabla 6 se presentan otras variables del hábitat que se han detectado como importantes para el establecimiento del venado cola blanca, entre las que se destacan la cobertura de escape o protección y la disponibilidad de agua como comunes a las encontradas en este estudio.

**Tabla 6.** Variables del hábitat que han sido detectadas en otros estudios como importantes para el mantenimiento del venado cola blanca.

<b>Varibles de hábitat importantes</b>	<b>Autor</b>
Coberturas de escape, protección contra el clima, áreas de alimentación, de nacimiento y crianza	Mandujano (1994)
Disponibilidad de alimento, agua y refugio	Scalet et al., (1996)
Cobertura y volumen de arbustos, pendiente	Ortíz et al (2005)
Cobertura térmica	López-Tellez et al (2007)
Cobertura de protección	Hernández (2008, citado en Hernández 2011)
Disponibilidad de alimento, accesibilidad a la biomasa que forrajea, mayor diversidad y uniformidad de plantas preferidas por el VCB, cobertura de protección y mayores altitudes.	Hernández (2011)
Cobertura vegetal, disponibilidad de alimento.	Camargo-Sanabria (2005)
% de visibilidad a 10 m, distancia a las fuentes de agua, presencia de depredadores, presencia de ganado ganado y altitud.	Este estudio

Aunque, estadísticamente las densidades poblacionales obtenidas para los dos sectores son similares, numéricamente la densidad del sector de la Mina es mayor. Probablemente esto se deba a que hay un mayor uso de hábitat dado por la disponibilidad de micronutrientes exclusivos del sector.

La teoría del forrajeo óptimo predice que los animales deben ser capaces de evaluar el contenido de nutrientes importantes en los alimentos. El ciervo rojo (*Cervus elaphus hispanicus*) puede discriminar y seleccionar minerales de acuerdo con sus requerimientos nutricionales (Ceacero et al 2009).

Ullrey *et al* (1975), Hellgren & Pitts (1997) & French *et al.* (1956) (citados por Fulbright & Ortega-S. 2007), mencionan que el requerimiento de minerales varía entre individuos y edades. Por ejemplo, en el pico de crecimiento de las astas los venados utilizan hasta el 30% del consumo de fósforo para el desarrollo de las mismas. Por su parte, los cervatos destetados no requieren más de un 0.28% de fósforo en la dieta cuando los niveles de calcio en la dieta están entre el 0.46 y 0.51 %. El requerimiento promedio diario de sodio es de aproximadamente 3.27 mg/kg de peso corporal y los venados jóvenes y cervatos machos requieren más de 0.09% de calcio en la dieta.

Debe tenerse en cuenta que hasta 1996 se hizo extracción de piedra caliza en la Mina y a partir de esa fecha el sector se encuentra en una fase de sucesión temprana. La piedra caliza está compuesta en mayor proporción por carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y puede contener pequeñas cantidades de minerales como arcilla, hematita, siderita y cuarzo.

De las características básicas necesarias para un buen manejo del venado cola blanca la nutrición representa el factor más importante. Sin una apropiada nutrición, el venado no podría desarrollar todo su potencial genético. La desnutrición está asociada con cuerpos pequeños, escaso desarrollo de las astas, pobre reproducción y una baja supervivencia de los cervatillos (Ramírez-Lozano 2012).

En el sector de la Mina, por registros directos y comentarios de los funcionarios y visitantes continuos del parque, se ha visto que tanto hembras como machos adultos se ven más corpulentos y que en éstos últimos las astas se ven más grandes y mejor desarrolladas comparadas con las observadas en el sector de Monterredondo. Lo

anterior, corrobora de forma cualitativa lo documentado en la recopilación de información de Fulbright & Ortega-S. (2007).

Por otra parte, en la Mina hay presencia de ganado vacuno y equino. La ganadería a pesar de ser una acción prohibida en el Sistema de Parques Nacionales (Decreto 622 de 1977) es una de las actividades que ha estado presente en la historia del PNN Chingaza. Esta actividad es realizada no solo por propietarios de predios dentro del Parque, sino también por otros ganaderos con propiedades fuera del Área Protegida, debido al sentido colectivo del uso del páramo (Parques Nacionales Naturales 2005).

La ganadería es la base de la economía familiar campesina de minifundios, con sistemas poco productivos y débil base técnica por lo cual hace más atractivo el ganado de levante. Las zonas con incidencia alta y media de ganadería extensiva están asociadas a casi toda la región occidental del parque, entre las que se incluye el sector de la Mina, con excepción de los sectores cercanos a Monterredondo (*Op cit.*).

Por observaciones directas en el sector de la Mina se evidenció que tanto al ganado vacuno como al equino le suministran sal mínimo una vez a la semana. El tipo de sal que es suministrada *ad libitum* al ganado es de tipo mineralizado, es decir son sales enriquecidas con minerales como azufre, fósforo y calcio, además del cloruro de sodio, también pueden contener micronutrientes como cobalto, magnesio, yodo zinc y cobre, por lo anterior la sal mineralizada es reconocida como un suplemento alimentario (Guzmán 2005).

El consumo de sales mineralizadas permite que los animales suplan las deficiencias de minerales y vitaminas presentes en el suelo y por ende en las plantas que consumen. La deficiencia o exceso del consumo de este suplemento puede ocasionar enfermedades metabólicas que repercuten directamente en la lactancia y en la siguiente gestación (Fedegan, sf). El consumo de sal influye en el equilibrio hidricolectrolítico, en las funciones cardiomusculares, nerviosas y en la estabilidad en general del organismo, así mismo y junto con los otros componentes de la dieta influye en la fertilidad de los individuos (Martinez-Salas, L. *com. Pers*)

Con base en lo anterior, puede esperarse que la sal mineralizada ofrecida a los caballos y vacas en el sector de la Mina, contenga minerales que son escasos en la alimentación habitual de los venados en ese sector. Sin embargo, no se observaron venados alimentándose de sal junto con el ganado, ni luego de que éste terminara de consumir el suplemento. Esto permite considerar que la sal mineralizada queda disponible una vez el ganado la excreta.

Durante la fase de campo y en dos ocasiones se observó una venada adulta y un juvenil acercarse a un sitio en donde previamente había orinado un animal. Los venados estando cerca de éste movían la cabeza percibiendo y ubicando el olor de la orina. Una vez encontrado el lugar, los venados se detuvieron a lamer la vegetación impregnada de orina. Aunque se reconoce que con tan pocas observaciones no se pueden hacer deducciones de este tipo, se manifiesta la necesidad de proponer investigaciones en las que se pueda abordar si existe disponibilidad de sales una vez sea excretada por el ganado en el sector de la Mina.

Reyes *et al.* (2003), estudiaron el efecto de las heces y orina de vacas en la composición química del pasto y encontraron aumento del contenido de N y K y la disminución del P en el pasto que crece sobre la orina. Consideraron que el incremento de los dos nutrientes puede estar dado por la alta concentración y la fácil asimilación tanto del N y K en este tipo de excreción. Haynes & Williams (1993 citados en Reyes *et al* 2003), encontraron un aumento significativo en las concentraciones de N (27 %) y K (28 %) y disminución de las concentraciones de Ca (20%), Mg (10 %), P (24 %) y Mn (20 %), con respecto a las hierbas no afectadas por la orina. En la orina, el P solo apareció en cantidades trazas. De otra parte, Saunders (1984 citado en Reyes *et al* 2003), comparó las áreas afectadas por las heces con las que no se afectaron y encontró que en las primeras se presentaron mayores contenidos de K y P, pero menores de Ca.

Teniendo en cuenta que en la Mina se encuentran más venados cola blanca en Monterredondo y que probablemente hay mayor disponibilidad de sales provenientes de la piedra caliza y por la excreción del ganado presente en la zona, se propone que este sector sea considerado como un sitio de importancia para la especie, ya que probablemente sea un saladero al haber un enriquecimiento de hábitat indirecto.

Adicionalmente, en este sector se puede proponer un manejo para la especie y a su vez identificar otras zonas que también puedan estar ofreciendo condiciones similares.

### 3.5 Conclusiones

La densidad del venado cola blanca se correlacionó con la presencia de ganado (0.72) y la presencia de depredadores (0.85), mientras que con la riqueza de plantas y con el tipo de cobertura del estrato dominante está inversamente correlacionada (-0.66 y -0.77, respectivamente).

La Mina y Monterredondo son dos sectores con características de hábitat diferentes y contrastantes en relación con las variables: riqueza de especies vegetales, estrato dominante, altura del estrato dominante, porcentaje de cobertura del estrato dominante, porcentaje de visibilidad a 5, 10 y 15 metros, altitud, distancia a las fuentes de agua y presencia de ganado.

Las dos poblaciones locales de la especie están en crecimiento, por lo cual se propone que la Mina aporta otros requerimientos de hábitat diferentes a los evaluados en este estudio, en este caso los relacionados con la disponibilidad de sales ofertada por la excreción de orina y heces del ganado y por la presencia de piedra caliza y los minerales asociados a ella. Por lo tanto se propone que la Mina puede estar funcionando como un saladero para el venado cola blanca.

A partir de los análisis de datos se estableció la relación de la densidad con las variables del hábitat, sin embargo debe plantearse un diseño de muestreo más robusto para establecer las relaciones con los demás parámetros demográficos.

Las dos poblaciones locales de la especie están en crecimiento. La Mina es un sitio de importancia pues al parecer aporta requerimientos de hábitat diferentes a los evaluados en este estudio, tales como sales asociadas a la piedra caliza y probablemente provenientes de orina y heces del ganado.

### 3.6 Recomendaciones

Detectar otros sitios de aporte de minerales para el VCB en el PNN Chingaza con el fin de probar la hipótesis de importancia de minerales en la densidad de venados.

Adelantar las siguientes investigaciones para los sectores de Monterredondo y la Mina con la finalidad corroborar la propuesta de saladero del segundo sector:

1. Análisis de suelos para verificar el aporte de minerales.
2. Estudio de la dieta del venado cola blanca en la Mina.
3. Contenido bromatológico de las plantas incluidas en la dieta del venado cola blanca.
4. Análisis fisiológicos de los venados teniendo en cuenta el sexo y las clases, en los que se evalúen los elementos minerales en sangre, la condición nutricional y física de los individuos.
5. Evaluar el contenido de sales excretadas por el ganado en el sector de la Mina y su efecto sobre la vegetación afectada.

### 3.7 Literatura citada

AKÇAKAYA, H. R., M. BURGMAN & L. GIZBURG. 1999. Applied Population Ecology. Second edition. Applied Biomathematics. New York.

AVEY J. 2001. Habitat relationships between a sympatric mule and white-tailed deer population in south-central Texas. Thesis Master of Science in Wildlife Science. Texas Tech University.

BOWERS, M. A. & S. F. MATTER. 1997. Landscape ecology of mammals: relationships between density and patch size. *Journal of Mammalogy*. 78: 999–1013.

CAMARGO-SANABRIA, A. 2005. Evaluación preliminar de una alternativa de manejo *ex situ* para el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), en un bosque seco tropical, (Cundinamarca, Colombia). Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

CEACERO F., T. Landete-Castillejos, A. J. García, J. A. Estévez & L. Gallego. 2009. Can iberian red deer ( *Cervus elaphus hispanicus*) discriminate among Essential minerals in their diet? . British Journal of Nutrition. 103, 617–626. En:

[http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2F79744\\_77B1989B4F0F6AC219DB99C4F48A0BC0\\_journals\\_BJN\\_BJN103\\_04\\_S0007114509992091a.pdf&cover=Y&code=01463ca319b4507c9a01ec5fab104dcd](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2F79744_77B1989B4F0F6AC219DB99C4F48A0BC0_journals_BJN_BJN103_04_S0007114509992091a.pdf&cover=Y&code=01463ca319b4507c9a01ec5fab104dcd), revisado el 3 de diciembre de 2012.1

CONNOR, E. F., COURTNEY, A. C. & YODER, J. 2000. Individuals- area relationships: the relationship between animal population density and area. Ecology 81(3): 734-748.

EBERHARDT, L. & R. C. VAN ETEN. 1956. Evaluation of the pellet group count as a deer census method. The Journal of Wildlife Management 20: 70-74.

EZCURRA, E. & S. GALLINA. 1981. Biology and population dynamics of white-tailed deer in northwestern Mexico. Págs. 77-108 En: FFOLLIOTT P. F. & S. GALLINA (eds). Deer biology, habitat requirements, and management in Western North America. Instituto de Ecología, A. C. México.

FEDEGAN. SF. Salud animal en ganadería bobina. Ministerio de Agricultura y desarrollo rural. Documento digital:

<http://proyectosfedegan.co/documentos/Salud%20Animal%20en%20Ganaderia%20bovina.pdf> revisado el 3 de diciembre de 2012.

FULBRIGTH, T. & J.A. ORTEGA-S. 2007. Ecología y manejo del venado cola blanca. Texas A & M University Press. Estados Unidos. Libro digital: <http://books.google.com.co/books?id=ggjNQUDqjzcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

GALINDO-LEAL C., & M. WEBER. 1998. El venado de la Sierra Madre Occidental. Ecología, Manejo y conservación. Primera edición. EDICUSA-CONABIO.

GALLINA, S. 1994. Dinámica poblacional y manejo de la población de venado cola blanca en la Reserva la Biosfera la Mochila, Durango- México. Págs. 207-234 En: VAUGHAN, C. & M. A. RODRÍGUEZ (eds.). Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica. Ed. Euna. Primera edición. Heredia, Costa Rica. 455 pp.

GUZMÁN, A. 2005. Análisis de las experiencias colombianas de manejo ex situ de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) como aporte a su conservación. Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

GYSEL L.W. & LYON L.J. 1980. Análisis y evaluación de hábitat. En: RODRÍGUEZ TARRÉS. Manual de técnicas de gestión de vida silvestre. Wildlife Society, Maryland.

HERNÁNDEZ, S.D.A. 2008. Venado cola blanca y su hábitat (*Odocoileus virginianus mexicanus* Z.), en Sierra de Huautla, Morelos. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

-----, E. CORTES, J. ZARAGOZA, P MARTÍNEZ, G. GONZALEZ, B. RODRIGUEZ, D. HERNÁNDEZ. 2011. Hábitat del venado cola blanca, en la Sierra de Huautla, Morelos, México. Acta zoológica mexicana, 27(1), 47-66.

HIGGINS, K. F., J. O. OLDEMEYER, K. J. JENKINS, G. K. CLAMBEY y R. F. HARLOW. 1994. Vegetation sampling and measurement. Pp. 567-591 en: T. A. Bookhout (ed.). Research and management techniques for wildlife and habitats. Fifth edition. The Wildlife Society. Bethesda, MD., USA.

KRAUSMAN, P. 1999. Some basic principles of habitat use. En: LAUNCHBAUGH, K. I., K. D. SANDERS & J. C. MOSLEV (Eds). Grazing behaviour of livestock and wildlife. Idaho Forest, Wildlife & Range. University of Idaho, Moscow, ID. 85-90p.

LÓPEZ-TÉLLEZ, M.C, C. MANDUJANO & G. YANÉS. 2007. Evaluación poblacional del venado cola blanca en un bosque tropical seco de la Mixteca Poblana. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 23: 1-16.

MADRIÑÁN, S. 2010. Flora ilustrada del Páramo de Chingaza. Guía de Campo de plantas comunes. Segunda edición. Universidad de los Andes. Ediciones Uniandes. Bogotá.

MANDUJANO, S. 1994. Método para evaluar el hábitat del venado cola blanca en un Bosque de Coníferas. Pp 283- 297. En: VAUGHAN, C. & M. A. RODRÍGUEZ (eds.). 1994. Ecología y manejo del venado cola blanca en México y Costa Rica. Ed. Euna. Primera edición. Heredia, Costa Rica. 455 pp.

MARSDEN, S. J. & M. WHIFFIN. 2003. The relationship between population density, habitat position and habitat breadth within a neotropical forest bird community. *Ecography* 26: 385–392.

MATTER S.F. 2000. The importance of the relationship between population density and habitat area. *OIKOS* 89(3): 613-619.

MATEUS-GUTIÉRREZ, C. J. ARIAS, A. MONTAÑEZ & J. ROMERO. 2003. Acercamiento a la dieta del venado cola blanca en las praderas de Monterredondo, PNN Chingaza. Cundinamarca. Proyecto de Ecología Regional Continental, VIII semestre, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

MORA, C. & S. MOSQUERA. 2000. Estudio preliminar del comportamiento alimenticio del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus goudotii*) en el ecosistema de subpáramo y páramo del parque Nacional Natural Chingaza en Cundinamarca-Meta, Colombia. Tesis de grado, departamento de Zootecnia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

MORRISON, M., B. MARCOT & W. MANNAN. 1998. Wildlife-habitat relationships. The University of Wisconsin Press. USA.

ORTIZ, M.T., S. GALLINA, S.M. BRIONES & G. GONZÁLEZ. 2005. Densidad de población y caracterización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*,

Goldam y Kellog, 1940) en un bosque templado de la Sierra Norte de Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 21: 65–78.

PARQUES NACIONALES NATURALES. 2005. Documento ejecutivo del plan de manejo del Parque Nacional Natural Chingaza 2005-2009.

PETTORELLI N., J.M. GAILLARD, P. DUNCAN, J. P. OUELLET & G. VAN LAERE. 2001. Population density and small-scale variation in habitat quality affect phenotypic quality in roe deer. *Oecologia* vol. 128, no3, pp. 400-405.

R Development Core Team. (2010). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>*.

RAMOS, D. 1995. Determinación de la dieta y utilización del hábitat del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus goudotii*, Gay y Gervais, 1846) en el Parque Nacional Natural Chingaza (Cordillera Oriental, Colombia). Tesis de grado, departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

RAMÍREZ LOZANO, R.G. 2012. La alimentación del venado cola blanca. Biología y ecología nutricional. Estados Unidos. Libro electrónico en: <http://books.google.com.co/books?id=ph5v064OOqWC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>.

RANGEL-CH., J.O. 1997. Colombia diversidad biótica II. Tipos de vegetación en Colombia. Instituto de ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Editorial Guadalupe Ltda. Santafé de Bogotá.

RANGEL-CH., J.O. & C. ARIZA. 2000. La Vegetación del Parque Nacional Natural Chingaza. Págs. 720-753 En: RANGEL-CH, J.O. 2000. La Región de Vida Paramuna. Colombia Diversidad Biótica III. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

REYES, J.J, I. VIDAL, M.R. González, R.M González & D. Fonte. 2003. Efecto de dos intensidades de pastoreo en el método de pastoreo rotacional con ganado lechero. Balance de nitrógeno, fósforo y potasio en el sistema y sus componentes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 37 (3): 257-265.

RÍOS-UZEDA B., H. GÓMEZ & R.B. WALLACE. 2005. Habitat preferences of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*) in the Bolivian Andes. Journal of Zoology 268: 271–278.

SCALET, CH. G., L. D. FLAKE y D. W. WILLIS. 1996. Introduction to wildlife and fisheries: an integrated approach. W. H. Freeman and Company. USA. 512 p.

VARGAS, O. & P. PEDRAZA, 2004. Parque Nacional Natural Chingaza. Universidad Nacional de Colombia-Convenio de cooperación EAAB – UAESPNN. Bogotá, DC. 167 p.

WHEATLEY M. K.W. LARSEN & S. BOUTIN. 2002. Does density reflect habitat quality for north american red squirrels during a spruce-cone failure?. Journal of Mammalogy 83 (3):716–727.



## **4. Implicaciones y recomendaciones para el manejo y conservación de dos poblaciones locales de venado cola blanca en el Parque Nacional Natural Chingaza**

### **4.1 Aportes de la investigación**

Con la realización de este estudio se obtuvo información novedosa para Colombia e indispensables para el manejo:

- Tasa de defecación del venado cola blanca en el PNN Chingaza en zonas de páramo de 23.26 grupos fecales/individuo/día y en cautiverio: 7.59 grupos fecales/individuo/día
- Estimación del tiempo de descomposición de los grupos fecales en el PNN Chingaza, usando análisis retrospectivo 427.21 días y prospectivo: 277.80 días.
- Definición de cinco categorías de envejecimiento de los pellets que conforman los grupos fecales que incluyen los cambios de apariencia y color. (0, 0-6 días, 6-21 días, 21-50 días y >50 días), para lo cual se contará con una guía de colores para la determinación del envejecimiento y formas de descomposición de los grupos fecales.
- Densidad para dos sectores usando la técnica FSC en transectos de parcelas: 17.769 y 23.183 venados/km<sup>2</sup> (Monterredondo y la Mina, respectivamente).

Definición del número mínimo de pellets a medir y pesar para estimar la estructura de clases de edades (44 pellets).

Obtención de una muestra de referencia de 47 grupos fecales de individuos pertenecientes a las clases de edad: cervatillos, juveniles y adultos con el 89.36% de aciertos.

- Obtención de las tasas vitales para dos poblaciones locales de la especie a partir del registro de grupos fecales.

## 4.2 Importancia de las poblaciones estudiadas y del PNN Chingaza

De acuerdo con Molinari (2007), *Odocoileus virginianus goudotii*, sólo están presente en los páramos colombianos, ya que el venado del Páramo de Mérida (*O. lasiotis*) se considera como otra especie válida. Por lo tanto el PNN Chingaza estaría conservando uno de los últimos núcleos poblaciones de esta subespecie en Colombia (formas andinas). Por lo cual, se considera necesario confirmar y localizar la presencia de la subespecie y su estado poblacional en otros páramos del país e iniciar proyectos de recuperación de dichas poblaciones, teniendo en cuenta los aspectos biológicos, genéticos y de salud animal de las misma.

Con este trabajo se genera la base para una propuesta metodológica que puede usarse para mejorar o reformular el programa de monitoreo que se lleva para la especie en el PNN Chingaza, a través de la colecta de grupos fecales y posterior estimación de la densidad y clases de edad. Por otra parte, durante los muestreos se vinculó y capacitó al personal del parque en los métodos aquí utilizados.

Del ejercicio de la conservación llevada en esta AP y con base en las densidades poblacionales obtenidas en 1995 y 2010 se soporta la tendencia observada por visitantes, funcionarios e investigadores que desde hace unos años es más fácil y más frecuente observar VCB en Chingaza.

Al respecto debe tenerse en cuenta que los grupos poblacionales de VCB pueden seguir creciendo y posteriormente desplazarse a las áreas aledañas al parque, en donde se encuentran fincas con ganado y cultivos agrícolas, con lo cual pueden darse conflictos entre la especie y las comunidades humanas. Por lo cual se sugiere implementar y

reformular el monitoreo de la especie que se lleva en el AP y realizar campañas de sensibilización y opciones de manejo con las comunidades humanas (cacería deportiva, de control, ganadería diversificada).

### **4.3 Otras investigaciones**

Se considera importante evaluar otros atributos de la biología de esta especie como aspectos reproductivos y nutricionales, ecología de movimientos y ampliar la información relacionada con los hábitos alimentarios, así como evaluar el estado de la salud de las poblaciones.

Con el método usado en la investigación, se requiere aplicar un muestreo aleatorio estratificado. Para este último, se sugiere implementar métodos de captura-marca-recaptura y posteriormente usar análisis de elasticidad como herramienta en la toma de decisiones de conservación y manejo de la especie en el Área Protegida.

### **4.4 Literatura citada**

MOLINARI, J. 2007. Variación geográfica en los venados de cola blanca (Cervidae, *Odocoileus*) de Venezuela, con énfasis en *O. margaritae*, la especie enana de la Isla de Margarita. Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales 167: 29-72.