

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CONSERVACIÓN DE RECURSOS
FORESTALES**



**“PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE
DENSIDAD DEL VENADO GRIS EN EL COTO DE CAZA, EL
ANGOLO, PIURA, PERÚ”**

**Presentada por
LAURA SECADA DALY**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE *MAGISTER SCIENTIAE* EN
CONSERVACIÓN DE RECURSOS FORESTALES**

**Lima – Perú
2020**

AGRADECIMIENTO

Esta tesis fue escrita en el Centro de Datos para la Conservación de la Facultad de Ciencias Forestales en la Universidad Nacional Agraria la Molina (CDC-UNALM), donde se me facilitó un espacio al lado de la biblioteca de flora y fauna silvestre donde pasé horas, días y meses procesando y analizando datos.

Primero, quisiera agradecer al lugar que dio vida a este estudio, el Coto de Caza el Angolo, un lugar único, donde el venado cola blanca, el bosque y el cazador conforman un modelo de conservación exitoso, el cual tuve el privilegio de estudiar. Cómo no agradecer al lugar que me acogió como estudiante, en el cuál aprendí recorriendo sus trochas enrevesadas a lomo de mula, pasando al lado de ceibos majestuosos, epífitas colgando cual barbas de abuelos de los árboles que dan vida a este ecosistema, un bosque seco tan extenso que parece nunca acabar; resistiendo los años bajo el sol furioso de la costa norte de nuestro país.

En segundo lugar, agradecer a la persona que me invitó y presentó este maravilloso lugar, Pedro Vásquez, mi profesor, mi asesor, y mi querido amigo. Un hombre que ha dedicado la vida entera al manejo de la fauna silvestre, a su estudio y a su enseñanza. Por todos esos días que pasamos en el CDC conversando sobre el CCEA, recordando las primeras promociones de alumnos y a los profesores que hicieron de ese lugar un centro de investigación como pocos en el país. Mi profundo agradecimiento a Pedro Vásquez.

A mi familia, mi papá Pedro Secada que siempre ha sido y sigue siendo el motor de mi superación profesional; a mi mamá Susan Daly por la tolerancia, paciencia y cuidado de mi hija durante mis viajes de campo; a mi querido esposo Aldo Soto por ser mi compañero y mi constante apoyo durante el tiempo que me tomó escribir esta tesis y a mi hija Narda, que siempre me ha acompañado y ha sabido permanecer resiliente a todos los cambios, que como familia joven hemos experimentado.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	2.1 MANEJO DE FAUNA SILVESTRE.....	3
	2.2 LA CAZA Y LA CAZA DEPORTIVA	4
	2.3 EL COTO DE CAZA EL ANGOLO	7
	2.4 CLIMA Y VEGETACIÓN	9
	2.5 VENADO COLA BLANCA	10
	2.6 ECOLOGÍA POBLACIONAL	11
	2.7 ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL	12
	2.8 MUESTREO POR DISTANCIA	16
	2.10 SOFTWARE DISTANCE.....	19
	2.11 DISEÑO DE MUESTREO POBLACIONAL	22
	2.12 OTRAS EXPERIENCIAS DE ESTIMACIÓN DE DENSIDAD POBLACIONAL EN EL PERÚ	25
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
	3.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	28
	3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO	29
	3.3 RELACIÓN DE CONSTANTES CONOCIDAS Y PARÁMETROS DESCONOCIDOS QUE SERÁN UTILIZADOS DENTRO DEL PRESENTE ESTUDIO	30
	3.4 REVISIÓN, LIMPIEZA Y ADECUACIÓN DE INFORMACIÓN A UNA BASE DE DATOS.....	31
	3.5 CÁLCULO DE LA DISTANCIA PERPENDICULAR	33
	3.6 ADECUACIÓN DE DATOS AL FORMATO DEL PROGRAMA DISTANCE....	33
	3.7 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS.....	34
	3.8 INCORPORACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN <i>DISTANCE</i>	34
	3.9 ESTABLECIMIENTO DEL CRITERIO DE SELECCIÓN DEL MODELO.....	35
	3.10 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MUESTREO.....	35
	3.11 ELABORACIÓN DE PROTOCOLO DE MUESTREO	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
	4.1 OBSERVACIONES Y EDICIONES A LOS DATOS	37
	4.2 MODELO DISTANCIA PERPENDICULAR.....	39
	4.3 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS.....	42
	4.4 MODELOS DE DETECCIÓN Y DENSIDAD POBLACIONAL	45
	4.5 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MUESTREO.....	52
V.	CONCLUSIONES	57

VI. RECOMENDACIONES	58
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
VIII. ANEXOS	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Funciones clave y series de expansión disponibles en Distance	21
Tabla 2: Tabla estandarizada para el registro de información en campo y gabinete.....	32
Tabla 3: Tabla de mostrativa con diferentes tratamientos aplicados a los datos en Distance	35
Tabla 4: Comparación entre la longitud de trochas estimada por los alumnos de la maestría y la longitud editada por esta tesis.....	38
Tabla 5: Tabla de datos de las evaluaciones en campo realizadas en los años 2007, 2009, 2011 y 2013	40
Tabla 6: Resultados modelos detección para el 2007	47
Tabla 7: Resultados modelo detección para el 2009	48
Tabla 8: Resultados modelo detección para el 2011	48
Tabla 9: Resultados modelo detección para el 2013	48
Tabla 10: Modelos seleccionados y resultados para densidad poblacional y abundancia anual	51
Tabla 11: Resultados del análisis de asignación proporcional de esfuerzo de muestreo en para cada estrato de vegetación.	54

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio en el área cercada al sur este del CCEA ..	9
Figura 2: Métodos para evaluar abundancia,.....	15
Figura 3: Esquema demostrativo del muestreo por distancia en el cual se ubica aleatoriamente un transecto lineal y se miden las distancias perpendiculares de la línea al objeto (x) detectad.	16
Figura 4: Formas adoptadas por las funciones principales que ofrece Distance para modelar la función de detección	20
Figura 5: Mapa de ubicación de las seis trochas evaluadas dentro del área de estudio.....	28
Figura 6: Esquema de metodología para estimar la distancia perpendicular x desde objeto al transecto.	30
Figura 7: Equipos y materiales necesarios para realizar mediciones en campo	31
Figura 8: Libretas de campo de los alumnos del curso de técnicas de manejo de fauna silvestre	32
Figura 9: Mapa de procesos para la estimación de la distancia perpendicular en la aplicación ModelBuilder de ArcGis	40
Figura 10: Mapa de venados observados en las seis trochas que fueron recorridas en los años de estudio 2007, 2009, 2011 y 2013	41
Figura 11: Gráfica de frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2007.....	42
Figura 12: Frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2009	43
Figura 13: Frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2011	43
Figura 14: Frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2013	44
Figura 15: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2007	49
Figura 16: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2009	49
Figura 17: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2011	50
Figura 18: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2013	50
Figura 19: Comparación de la densidad poblacional estimada por los alumnos de la Maestría de CRF – UNALM y el análisis realizado en la presente tesis	52

Figura 20: Mapa de estratificación del área de estudio en base a la clasificación de la imagen RapidEye 2010 53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Protocolo para la estimación de la densidad poblacional del venado cola blanca en el Sector Sauce Grande del Coto de Caza El Angolo.	62
Introducción al muestreo por distancia	62
Objetivo	63
Equipos y materiales	63
Colecta de información en campo	63
Formato de libreta y base de datos.....	64
Cálculo de distancia perpendicular	65
Análisis en Distance	66
Formato de entrada a Distance.....	66
Establecimiento del proyecto en Distance.....	67
Importación de datos	70
Análisis de los datos	73

RESUMEN

El Coto de Caza el Angolo (CCEA), es una de las dos áreas naturales protegidas del Perú en las cuales se permite la cacería deportiva del venado cola blanca o venado gris, *Odocoileus virginianus peruvianus* (Gray 1874). El manejo de fauna silvestre a través de la actividad cinegética requiere de la toma de decisiones para establecer cuotas anuales en base al conocimiento ecológico de la especie y de su hábitat. Por lo tanto, es fundamental conocer el tamaño y cambios poblacionales de la especie a manejar. Los objetivos de este estudio incluyeron (i) analizar la densidad poblacional del venado cola blanca para los años 2007, 2009, 2011 y 2013, obtenidos con la aplicación del programa DISTANCE, (ii) comparar los resultados de densidad obtenidos, con la de los alumnos de la Maestría de Conservación de Recursos Forestales (CRF) de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) para el mismo periodo y por último y (iii) realizar recomendaciones para un diseño muestral en el CCEA. Los resultados obtenidos muestran una densidad poblacional de 0.05, 0.043, 0.034, 0.056, individuos por hectárea para los años 2007, 2009, 2011 y 2013 respectivamente, con un ΔAIC igual a 0 en todos los casos y $p > 0.05$, lo cual denota un buen ajuste y precisión en los modelos. En relación con los resultados obtenidos por los alumnos de la maestría y este estudio, la tendencia de los estimados en el caso de los alumnos es a incrementar en los cuatro años de estudio, mientras que el estimado de la presente tesis muestra los primeros dos años bastante similares y luego una disminución en el 2011. Asimismo, se encontró que las mayores diferencias en el recorrido de las trochas y la distancia proporcional por estrato de vegetación se encuentran en los estratos de bosques de colinas medias denso donde se recorre 21 km menos y en el bosque de colinas medias semi denso, donde se recorre 29km más de la asignación proporcional estimada. Finalmente, en base al análisis de diseño de muestreo se concluye que el promedio de la longitud total a recorrer en base a una CV del 10% es de 454.81km en total.

Palabras claves: Palabras claves: *Odocoileus virginianus peruvianus*, venado cola blanca, manejo de fauna silvestre, densidad poblacional, muestreo por distancia, Distance, diseño de muestreo, Coto de Caza El Angolo.

ABSTRACT

The Coto de Caza el Angolo (CCEA), is one of the two national protected areas in Peru that allows sports hunting of the White-tailed deer, *Odocoileus virginianus peruvianus* (Gray 1874). The wildlife management through hunting demands the decision-making process to establish annual hunting quotas, based on ecological knowledge of the species and its habitat. Therefore, it's fundamental to understand the size and population changes of the species for their better management. The objectives of this study include the (i) analysis of the population density of the White-tailed deer for the years 2007, 2009, 2011 y 2013, by analysing data in DISTANCE software, the (ii) comparison of the population density results of this study from that of the students from the Masters programme in Forest Resource Conservation of the Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) for the same period, and finally (iii) to make recommendations to improve the sample design in CCEA. The population density results obtained are 0.05, 0.043, 0.034, 0.056, individuals per hectare for the years 2007, 2009, 2011 y 2013 respectively, with an ΔAIC equal to 0 and in all cases $p > 0.05$, which shows a good fit and precision of the models. In relation to the results obtained by comparing the estimates of this study to that from the students, the trend of the latter is to increase the population density throughout the timeframe, while the trend of the present study shows an increase of the population density until 2011, and then a decreasing trend. Also, in regards to the sampling design, this study finds that the major differences on the hunting trails that were sampled, and the distance assigned per vegetation strata are found on the dense forest of medium sized hills where the proportional Distance is 21km less and in the semi dense forest with medium sized hills where this study samples 29km more, than the assigned proportional distance to the strata. Finally, on the basis of the analysis it concludes that the distance to sample should be 454.81km in total with a CV of 10%.

Key words: *Odocoileus virginianus peruvianus*, White-tailed deer, wildlife management, population density, distance sampling, DISTANCE, sample design, Coto de Caza El Angolo.

I. INTRODUCCIÓN

El Manejo de fauna implica la manipulación de poblaciones de animales silvestres y su hábitat con el fin de conciliar las necesidades de animales y personas utilizando información científica para tomar decisiones. El manejo o manipulación de la fauna silvestre puede darse a través de cosechas anuales. Aldo Leopold, uno de los pioneros en el manejo de fauna silvestre, en 1993, describe al manejo de fauna silvestre como *el arte de hacer a la tierra producir cosechas anuales de animales de caza con fines recreativos*.

El Coto de Caza el Angolo (CCEA) creado en 1975, es el único coto de caza oficial dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas por el Estado donde se práctica la actividad cinegética. En sus objetivos de creación se plantea conservar el bosque seco ecuatorial y su recurso faunístico, a través del manejo sostenible de la fauna silvestre, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico regional fomentando la caza deportiva del venado cola blanca entre otras especies.

La Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) viene desarrollando desde 1985 ejercicios de campo en el sector Sauce Grande del CCEA y que se encuentra, desde 1992, bajo un contrato de administración parcial por el Club de Caza Pesca y Turismo – Piura (CCPT-P). En 1995 se suscribió un convenio entre el CCPT-P y la UNALM y entre sus líneas de investigación incluye desarrollar un sistema que permita cuantificar la población de venados y que permita a su vez detectar cambios en la población. Es en base a la información recolectada durante los ejercicios de campo de la UNALM que ha ido incrementando el conocimiento sobre la especie cinegética. Desde el 2004 se vienen realizando conteos sistemática por alumnos de la Maestría de Conservación de Recursos Forestales (CRF) de la UNALM que junto con los avistamientos provenientes de las temporadas de caza, informan las decisiones para definir cuotas de cosecha anuales.

El presente trabajo de tesis tiene por objetivos analizar la metodología utilizada para evaluar la densidad poblacional del *Odocoileus virginianus peruvianus* (Gray 1874) en el CCEA en los años 2007, 2009, 2011 y 2015. Para lo cual se analizaron los diferentes componentes de

la metodología que incluyen el diseño del muestreo por distancias, la recolección de información en campo, el procesamiento y análisis de datos en *Distance*. A partir del modelo de detección a través de distancias, se estimó la densidad poblacional del venado cola blanca para los años 2007, 2009, 2011 y 2013 y se cuantificó la precisión de cada estimado y se compararon los resultados de esta tesis con los obtenidos por los alumnos de la maestría de CRF UNALM. Asimismo, se analizó la representatividad de cada tipo de vegetación en las trochas recorridas y finalmente se estimó el esfuerzo de muestreo y tamaño de muestra necesario para obtener una precisión del diez por ciento.

Es en base al análisis de los procedimientos y resultados de este estudio, como parte de los objetivos se propone un protocolo de muestreo y cambios a la metodología de estimación de densidad poblacional del venado cola blanca con el fin de obtener un diseño de muestreo adecuado y confiable.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 MANEJO DE FAUNA SILVESTRE

El manejo implica la influencia y manipulación humana, en otras palabras, el manejo requiere del juicio para lograr ciertos objetivos. El término “manejo” ha sido discutido desde sus inicios habiendo algunos autores que expresaron preocupación porque podría expresar el querer conquistar la naturaleza y sugiere que los intentos por dominar la naturaleza contradicen la ética de conservación de los recursos naturales. Teniendo en cuenta esta implicancia, algunos autores propusieron que el manejo de fauna silvestre podría estar albergado bajo el término “conservación de fauna silvestre”, dado que bajo ciertas circunstancias no siempre es lo mejor manipular los paisajes naturales. Bolen y Robinson (2003) sugieren que el manejo de fauna silvestre es *“la aplicación de los conocimientos ecológicos a poblaciones de animales vertebrados y sus plantas y animales asociados, en una manera que resulta en un balance entre las necesidades de esas poblaciones y de las personas.”*

La manipulación de comunidades por parte de humanos para el manejo de fauna silvestre, altera los patrones en que la energía y la materia fluyen por los ecosistemas. Las comunidades manejadas varían en su tolerancia a estos disturbios. El manejo efectivo de la fauna silvestre involucra el reconocimiento del grado de perturbación a los que estas comunidades de plantas o animales son sometidos (Bolen y Robinson 2003).

Antes de 1900, los intereses detrás de la fauna silvestre se basaban únicamente en la cacería, en el control de problemas en la fauna silvestre (ej. depredadores), existía poca conservación de animales de caza y muy poco interés en la ciencia o investigación. La fauna silvestre era vista como un medio de subsistencia y rentabilidad, se necesitaba tomar acción para el adecuado manejo y conservación de la fauna silvestre y de sus hábitats (Organ et al. 2012).

Es en los años treinta en que el manejo de fauna silvestre emerge como una ciencia principalmente a partir del trabajo de Aldo Leopold, profesor de ingeniería forestal de la

Universidad de Yale en los Estados Unidos y autor del famoso texto “El manejo de la caza deportiva” (*Game management*, por sus siglas en inglés). Es Leopold quien lidera el concepto moderno de manejo y es en este momento en que se da una profunda reestructuración de la política de cacería de los Estados Unidos (Bolen y Robinson 2003). Leopold llamó a una reestructuración y se cambió el personal que había hasta ese momento por profesionales especializados. Este fue el comienzo de un manejo de recursos de fauna silvestre basado en ciencia (Organ et al. 2012).

Así también Leopold menciona que el método científico no es suficiente y que la fauna silvestre le pertenece al público y que a menos que ellos entendieran sobre su manejo no estarían dispuestos a aceptarlo (Organ et al. 2012). Sin embargo, fue hasta décadas más tarde, en la segunda mitad del siglo veinte, hubo un incremento del número de ciudadanos norteamericanos preocupados por la fauna silvestre y el ambiente por razones ajenas a la caza. Aun así se mantuvo el interés y apoyo económico para esta actividad. En 1976, Scheffler opina que los cazadores deberían considerar la probabilidad de que muchos ciudadanos tengan un interés espiritual y emocional que es tan fuerte y legítimo como el de un cazador. Cree que estos temas sociales indican que el manejo de especies de cacería debe ser reconciliado con los principios ecológicos. El tema central de discusión en ese entonces era la meta de cosecha máxima de algunas especies selectas, opuesto a la cosecha óptima, que responde a la demanda colectiva de la sociedad y mantiene la diversidad natural de especies dentro de comunidades de fauna silvestre (Bolen y Robinson 2003).

2.2 LA CAZA Y LA CAZA DEPORTIVA

“El desarrollo evolutivo y cultural de los humanos ha sido formado por su dependencia de otros animales” (Eltringham 1984 en Bolen y Robinson 2003). La caza responde al comportamiento predatorio del humano registrado en fósiles que muestran al *Homo erectus* hace 500,000 años enfrentándose y matando a grandes mamíferos con lanzas (Bolen y Robinson 2003).

La caza representa una forma de mortalidad altamente visible para la fauna silvestre. La atención del público se enfoca en el impacto de la cacería sobre la población de fauna silvestre. El frecuente argumento de quienes se encuentran a favor de la actividad explica que la cacería extrae tan solo el excedente que probablemente hubiera muerto de cualquier forma. Este argumento se basa en que los lugares donde los humanos han simplificado

comunidades alterando la vegetación, removiendo especies en zonas de amortiguamiento y especialmente eliminando depredadores, el trabajo del manejador de fauna silvestre sin caza o trampeo se vuelve casi imposible. Bajo estas circunstancias prevenir la exterminación de una especie cinegética bajo un lado del espectro y prevenir que se vuelva una plaga al otro lado, pueden ser alcanzados a través de la cosecha regulada (Bolen y Robinson 2003).

La teoría general de cosecha de animales está basada en la premisa que sin cosecha, el crecimiento y reclutamiento de una población son balanceadas por mortalidad natural; por lo tanto el crecimiento promedio de una población a capacidad de carga es cero. La cacería reduce el número de animales en una población, pero la pérdida también incrementa la tasa de crecimiento. El incremento en el crecimiento poblacional es consecuencia de tasas de natalidad más altas y tasas de mortalidad bajas, que resultan de la disminución de competencia por alimento y otros recursos. Consecuentemente, la tasa de crecimiento acelerado provee un excedente de animales por encima del número necesario para reemplazar las pérdidas. Un excedente que podría ser cosechado por cazadores o depredadores (Bolen y Robinson 2003). Leopold (1933) en (Fulbright y Ortega-S 2007) enfatizó que la fauna para cacería puede ser restaurada a través de la misma actividad de cacería.

Las diferencias entre la caza utilitaria o de subsistencia y la caza deportiva son descritas por el filósofo español Ortega y Gasset en su obra «La caza como ejercicio y como ética», prólogo del libro «Veinte años de caza mayor en España», de Eduardo Figueroa Alonso Martínez, VII Conde de Yebes (1939):

«En la caza utilitaria constituye la verdadera finalidad del cazador, lo que busca y estima: la muerte del animal. Todo lo demás que hace antes es puro medio para lograr ese fin, que es su formal propósito. Pero en la caza deportiva este orden de medio fin se vuelca del revés. Al deportista no le interesa la muerte de la pieza, no es eso lo que se propone. Lo que le interesa es todo lo que antes ha tenido que hacer para lograrla; esto es, cazar. Con lo cual se convierte en efectiva finalidad lo que antes era sólo medio. La muerte es esencial porque sin ella no hay auténtica cacería: la occisión del bicho es el término natural de ésta, y su finalidad, la de la caza en su mismidad, no la del cazador. Este la procura porque es el signo que da realidad a todo el proceso venatorio, nada más. En suma, que no se caza para matar, sino, al revés, se mata para haber cazado. Si al deportista le regalaran la muerte del animal,

renuncia a ella. Lo que busca es ganársela, vencer con su propio esfuerzo y destreza al bruto arisco, con todos los aditamentos que esto lleva a la zaga: la inmersión en la campiña, la salubridad del ejercicio, la distracción de los trabajos, etc., etc.».

En 2012, The Wildlife Society de los Estados Unidos publicó el documento "*el Modelo Norte Americano de Conservación de Vida Silvestre*" (Organ et al. 2012) en el cual se revisaron las propiedades clave en las que se rige el modelo. Entre estas se menciona que la fauna silvestre sólo puede ser matada por un propósito legítimo. Es sobre este principio que los cazadores deportivos de aquellos que cazan sólo por satisfacción, así como los que cazan sólo para obtener su comida. Estos puntos que resumen el concepto de lo que es el cazador deportivo se resumen en los siguientes: un cazador deportivo lleva a cabo la actividad principalmente por el acto de persecución, da una igual oportunidad al animal de caza, está interesado en el conocimiento de la naturaleza y hábitos de los animales, no obtiene una retribución financiera a partir de la actividad, no infringe daño innecesario al animal de caza y por último no desperdicia ningún animal cazado.

De acuerdo con la Ley 27308, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, la caza deportiva es la que el cazador practica únicamente con fines deportivos y sin fines de lucro, contando con la licencia y la autorización correspondiente otorgadas por la autoridad regional forestal y de fauna silvestre, de acuerdo a los tipos y modalidades especificados en el reglamento. La licencia tiene alcance nacional, la autorización es de alcance regional.

La autoridad regional forestal y de fauna silvestre elabora y aprueba los calendarios regionales de caza deportiva, considerando las unidades de gestión forestal y de fauna silvestre dentro de su jurisdicción, de acuerdo a la especie, distribución, abundancia e interés cinegético, fijando las temporadas de caza y las cuotas de extracción totales y por autorización.

En el Perú la caza deportiva se practica en todos aquellos espacios donde no está expresamente prohibida por ley. Dentro del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) se restringe a dos áreas bajo administración del Servicio de Áreas Naturales del Perú (SERNANP). Una de ellas es el Coto de Caza El Angolo (CCEA), que en su plan de manejo de venado cola blanca (2011-2015) tiene como principal objetivo el «Garantizar la conservación de las poblaciones de venado cola blanca (*Odocoileus virginianus peruvianus*, Gray1874) en el sector Sauce Grande del Coto de Caza El Angolo,

y la sostenibilidad de su aprovechamiento a través de la caza deportiva conducida por el Club de Caza Pesca y Turismo Piura (CCPT-P)». Si no existiera la caza controlada en este sector del ANP, lo más probable es que habría un incremento de la caza furtiva y la destrucción del hábitat silvestre como en todo el entorno.

2.3 EL COTO DE CAZA EL ANGOLO

El objetivo principal del CCEA es conservar el bosque seco ecuatorial y su recurso faunístico, a través del manejo sostenible de la fauna silvestre, con el fin de contribuir al desarrollo socioeconómico regional fomentando la caza deportiva del venado cola blanca *Odocoileus virginianus peruvianus*, entre otras especies cinegéticas como el puma (*Puma concolor Linnaeus 1771*) y sajino (*Pecari tajacu Linnaeus 1758*). En consecuencia, la información sobre la estructura y dinámica poblacional de estas especies son importantes para ello.

En 1971, el Estado aceptó la donación del fundo Sauce Grande con 10,280 ha por parte de la Negociación Agrícola Mallares S.A. y se propuso el establecimiento de un Coto de Caza bajo la misma extensión. Posteriormente en 1973, el Ministerio de Agricultura llevó a cabo una evaluación que resultó en una propuesta para establecer un Coto de Caza de 65,000ha y un Parque Nacional. Finalmente, es en 1975, se estableció por resolución suprema el Coto de Caza el Angolo (CCEA) como área de manejo de fauna silvestre con una extensión de 65,000 ha (Vasquez et al. 2007).

En 1985, la especialidad de Conservación de Recursos Forestales de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), inició su programa de ejercicios de campo para complementar la formación de estudiantes tanto del nivel graduado como de pregrado. En esta oportunidad se llevó a cabo un muestreo por conductores en un área de 10ha¹. En 1995 se suscribió un convenio entre la UNALM y el CCPT-T contiene entre sus líneas de trabajo el desarrollo de un sistema que permita cuantificar la población de venados y que permita detectar cambios en la misma (Vásquez y Arribas 2012). Estos ejercicios de campo se han desarrollado ininterrumpidamente de manera anual hasta la actualidad de manera anual hasta la actualidad y han contribuido a generar gran parte de la

¹ Vásquez (2015). Comunicación personal.

información ahora disponible para el manejo de esta área natural protegida (Vasquez et al. 2007).

En 1990, en virtud a lo dispuesto por el DS 010-1990-AG, el CCEA, creado como área de manejo de recursos de acuerdo a la Ley Forestal y de Fauna Silvestre DL 21147 de 1975, pasa a ser parte del Sistema de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) sin perder su objetivo primigenio que es contribuir a la conservación de los recursos naturales a través de la práctica regulada de la caza con fines deportivos. En 1992, el sector Sauce grande del CCEA fue entregado en concesión al Club de Caza, Pesca y Turismo – Piura (CCPT-P) por diez años y posteriormente en el 2003, se le entregó el contrato de administración parcial por veinte años a partir del 2006 (Vásquez y Arribas 2012).

El CCEA está ubicado en la costa norte de Perú, en la región de Piura, en las provincias de Sullana y Talara, entre el distrito de Marcavelica, entre las coordenadas 4° 11' a 4° 26' 37'' Latitud Sur y 80° 37' 57'' a 80° 56' 45'' Longitud Oeste. Su extensión oficial es de 65,000 ha de las cuales 9,918 ha se encuentran bajo Contrato de Administración Parcial CCPT-P. Esta extensión responder al sector de Sauce Grande que se encuentra distribuido en tres sectores cercados: Cañaverl, Angolito y Sauce Grande. Estos dos últimos con una extensión de 7,043 ha constituyen el área donde se practica la caza deportiva y donde se realizan los conteos de venados (CCPT-P 2015).

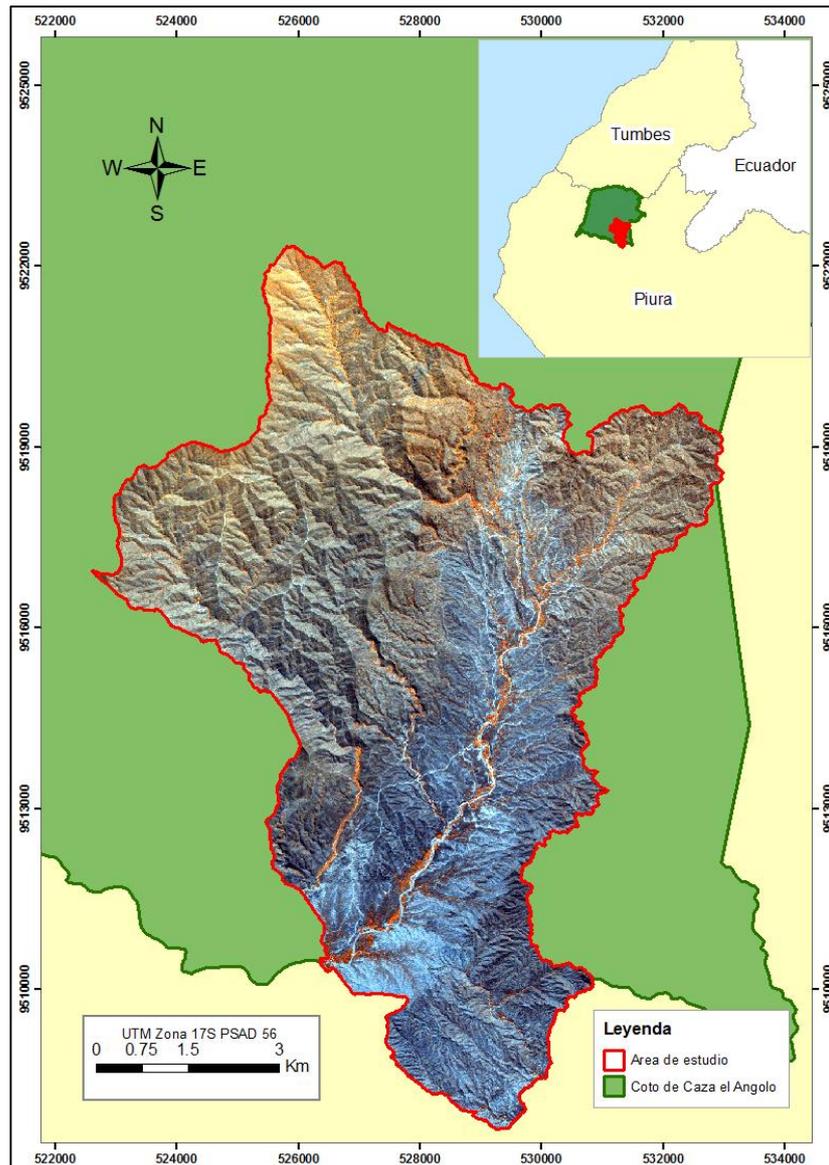


Figura 1: Mapa de ubicación del área de estudio en el área cercada al sur este del CCEA

2.4 CLIMA Y VEGETACIÓN

El CCEA está ubicado en la ecorregión de bosques secos de Piura y Tumbas, presenta un clima cálido y seco y se caracteriza por dos estaciones bien definidas. La época de lluvias, generalmente de enero a abril, meses en que se concentra cerca del 85% de la precipitación total anual, y la época seca que ocurre en general entre los meses de mayo a diciembre. De acuerdo a los datos de la estación meteorológica instalada en Sauce Grande, se registra una precipitación promedio anual de 483.8 mm y una precipitación máxima anual de 1,897.9 mm para el periodo 1996-2010 (CCPT-P 2015).

El principal grupo de plantas de interés lo constituyen las especies forrajeras, conformando el estrato herbáceo que alcanza su mayor desarrollo en la época de lluvias, sirviendo de alimento tanto a la fauna silvestre como al ganado doméstico. Sin embargo, una parte de la vegetación arbórea contribuye con la dieta de los venados cola blanca aportando forrajes bajo la forma de hojarasca, flores y frutos (CCPT-P 2015).

2.5 VENADO COLA BLANCA

El venado cola blanca *Odocoileus virginianus* (Gray 1874), se encuentra bajo la categoría de menor preocupación en la lista roja de la Unión Internacional para la conservación de la Naturaleza (IUCN por sus siglas en inglés). Esto se debe a su adaptabilidad y su amplio rango de distribución en áreas dominadas por humanos. Además se generalmente se presentan en poblaciones extensas, ocurre en muchas áreas protegidas y sus poblaciones están actualmente estables (Gallina y Arevalo 2008).

El *Odocoileus virginianus* es el animal de caza más abundante y con la distribución más amplia del Nuevo Mundo, va desde Canadá hasta el norte de Brasil y el sur del Perú. Es considerada la especie de caza mayor más importante de los Estados Unidos y una de las más importantes del resto de América (Vaughan y Rodríguez 1997).

En Sudamérica, se encuentra en Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, donde puede compartir su hábitat con otras especies de cérvidos como el *Mazama* sp. en zonas tropicales y con *Hippocamelus antisensis* en áreas montañosas de la parte noroeste sudamericana (Teer 2007). En el país, es el único representante de este género, encontrándose en Piura desde los bosques y malezas secas en las colinas del Este de la carretera Panamericana hasta las alturas de Ayabaca y Huancabamba (Brack et al. 1973).

Son extremadamente adaptables tanto a diferentes tipos de hábitat como dietas, pudiendo alimentarse desde brotes y hojas tiernas, hierbas, hasta pastos y frutos, en proporciones que varían según las áreas geográficas y los tipos ecológicos. Un animal adulto ingiere diariamente poco más de un kilogramo de material vegetal seco por cada 50 kg. de peso corporal, pudiendo subsistir durante largos periodos con el agua obtenida de la vegetación, aunque las quebradas y ojos de agua son un componente importante de su hábitat (Teer 2007).

O. virginianus es un animal fuerte y esbelto, con un gran valor como trofeo por sus astas y su cuerpo grande (desde 200 kg. en zonas templadas de Norteamérica, a 45-60 kg. en Sudamérica). Sus hábitos tímidos y reservados, como sus cualidades alimenticias características, lo hacen muy popular entre los cazadores.

La competencia entre el ganado bovino y el venado cola blanca es particularmente severa en hábitat sobre pastoreados. Las cabras y ovejas compiten más directamente con el venado cola blanca por forraje que el ganado bovino, sin embargo el pastoreo severo del ganado bovino muy dañino para el hábitat del venado cola blanca (Fulbright y Ortega-S 2007).

No forman parejas o grupos familiares, por lo que cualquier macho se puede aparear con cualquier hembra en celo. Llegando a la pubertad entre los seis a siete meses y su mayor desarrollo en hembras entre los dos y medio y tres años y para machos entre los cuatro y medio y cinco años (Teer 2007).

El CCEA utiliza la cosecha del venado cola blanca a través de la cacería como una herramienta de manejo de la población para así poder mantener las densidades del venado dentro de la capacidad de carga del hábitat. La clave del manejo de la cosecha es la relación entre la densidad de animales y la composición de especies y su productividad. Los venados exhiben el más alto grado de selección de dieta posible cuando la densidad de la población es baja en relación con la capacidad de carga en base a la disponibilidad de forraje. Bajo estas condiciones, la selectividad en ausencia de competencia trae como resultado el máximo crecimiento de astas, peso corporal, crecimiento y reproducción por individuo (Fulbright y Ortega-S 2007).

2.6 ECOLOGÍA POBLACIONAL

Una población es un grupo de organismos de la misma especie, que ocupan un área definida durante un tiempo específico. Las poblaciones tienen características que no poseen los animales individuales. Por ejemplo, una población tiene una densidad, un número determinado de individuos por unidad de área; una tasa de natalidad, definida como el número de nacimientos por año, una tasa de mortalidad por año y una estructura de edades, es decir una distribución de número de individuos de diferentes edades. Naturalmente, la proporción de individuos en edad reproductiva en una población afecta la tasa de natalidad

e influencia fuertemente el crecimiento poblacional. Asimismo, la proporción de animales adultos mayores afecta la tasa de mortalidad. Las poblaciones también tienen tasas de sexo que influyen en el potencial reproductivo (Bolen y Robinson 2003).

El término capacidad de carga (K) se utiliza para definir el número máximo de individuos que un ambiente puede sostener sin ocasionar degradación a la comunidad de vegetación u otros recursos (Fulbright y Ortega-S 2007). K puede cambiar a lo largo del tiempo debido a la variabilidad de la disponibilidad de alimento, disponibilidad de cobertura, disponibilidad de agua y otros factores ambientales (Bolen y Robinson 2003).

Se pueden presentar crecimientos exponenciales en poblaciones, pero estos no pueden mantenerse por mucho tiempo. La disponibilidad de alimento podría no coincidir con las demandas de la población en aumento; cobertura podría ser limitada; los predadores podrían responder al gran número de presas; o plagas podrían diseminarse (Bolen y Robinson 2003).

Se ha notado que el máximo número de animales en una población se logra cuando la capacidad de carga en una población se encuentra a la mitad. Las poblaciones de fauna silvestre que se mantienen a estos niveles producen el máximo número de animales que podrían ser cosechados cada año. La máxima cosecha sostenible se define como la mayor cosecha promedio que puede ser tomada continuamente de una población bajo condiciones existentes. Por lo tanto, aparece que la máxima cosecha sostenible se logra cuando: (1) una población se mantiene al nivel de la mitad de su capacidad de carga y cuando (2) se cosecha la producción anual de la población [(Holt y Talbot 1978), en (Bolen y Robinson 2003)]. Posteriormente nace el concepto de cosecha óptima sostenible, el cual explica que la capacidad de carga puede variar a través del tiempo. Por lo tanto, se deben considerar los factores externos que podrían estar afectando el tamaño de la población para poder establecer el tamaño de la cosecha que permita a la población asimilar estos cambios.

2.7 ESTIMACIÓN DEL TAMAÑO POBLACIONAL

Las características poblacionales que pueden ser medidas en el campo representan la columna vertebral a partir de la cual recae la biología poblacional. Estas tasas vitales dentro y entre poblaciones están incluidas en la siguiente ecuación (Mills 2007):

$$N_{t+1} = N_t + B + I - D - E$$

En la cual la abundancia (N), en cualquier tiempo $t+1$ es igual a la abundancia previa, t , más el número de animales que se sumaron por nacimiento (B) por inmigración (I), y se restan los animales muertos (D) o los que emigraron (E).

La abundancia y densidad están relacionadas en la siguiente ecuación (Buckland et al. 1993):

$$N = D * A$$

En la cual A representa al área y la densidad es la abundancia por unidad de área.

Todos los estimados de abundancia pueden ser reducidos a una simple ecuación (Mills 2007):

$$\text{Estimado de abundancia} = \hat{N} = \frac{\text{Conteo de animales}}{\text{Probabilidad de detección estimada}} = \frac{\text{Conteo}}{\hat{p}}$$

Cuando todos los animales son detectados ($\hat{p}=1$), el conteo equivale al estimado. Mientras la probabilidad de detección disminuye, el estimado de abundancia aumenta.

La situación ideal de un área de manejo de fauna silvestre es que se realice un conteo exhaustivo de la población. Desafortunadamente, un conteo completo es casi imposible de obtener aún cuando los animales estén confinados a un área cercada. En la naturaleza los animales normalmente son evasivos y por lo tanto casi siempre la probabilidad de detección va a ser menor a uno. Si sólo se utiliza el conteo, sin contabilizar la probabilidad de detección, la abundancia resultante estaría siendo subestimada. La probabilidad de detección, puede cambiar a lo largo del tiempo, espacio, e inclusive entre individuos, es por esto que hay complejos estudios matemáticos que explican cómo estimarla. Es por esta razón que los métodos de muestreo deben ser utilizados y la clave se encuentra en muestrear el área de estudio lo mejor posible y asegurarse que sea representativa del hábitat para el cual los estimados serían utilizados. Por ejemplo, si el muestreo se realiza en un solo tipo de vegetación los estimados de la población de animales no podrían ser extrapolados para otro tipo de vegetación (Former y Armstrong 1999) (Mills 2007).

En la Figura 2 se muestran diferentes técnicas para evaluar la abundancia de una población de fauna Silvestre. El término índice se utiliza para el caso de un conteo de animales o sus rastros, que contiene información del número relativo o densidad, pero no es en sí mismo un estimado de abundancia o densidad. El uso de índices es menos costoso de implementar que un estudio de estimado de abundancia o densidad. Por lo tanto los índices son favorecidos cuando hay escasez de recursos económicos, o cuando es difícil observar a la especie directamente, o cuando la pregunta se dirige a una escala tan amplia que los estimadores más intensivos no son prácticos. Como un ensayo indirecto de abundancia, la utilidad del índice debe ser evaluada con respecto a que tan bien registra los cambios en la abundancia relativa o absoluta a través del tiempo, espacio, tipos de hábitat, o tratamientos de manejo. Un índice puede indicar tendencias confiables o diferencias relativas al espacio sólo si su relación con la abundancia real permanece lineal, constante, o al menos no cambia sistemáticamente. Si la relación entre el índice y la abundancia varía, no se sabrá si se está presenciando un cambio en la abundancia o si verdaderamente se está presenciando un cambio en la relación entre el índice y la abundancia. Ciertamente los índices casi siempre van a fallar como descriptores de la abundancia absoluta, dado que la relación entre el índice y la abundancia rara vez es constante y conocida. Si el objetivo es estimar el número de animales en una población, un índice no va a poder responder para esto se utilizan estimadores estadísticos, para lo cual se pueden utilizar técnicas de captura o por transectos (Figura 2).

El término censo se refiere a la ocasión en la que la probabilidad de detección es igual a uno ($p=1$), esto es que todos los animales han sido contados. Normalmente en la naturaleza algunos individuos no son vistos y entonces se pueden utilizar métodos como los transectos, a través de múltiples observadores donde la probabilidad de detección son las observaciones en común entre observadores. Así también otro método es el de muestreo por distancias que se basa en la premisa que la probabilidad de detección disminuye conforme la distancia entre el objeto y el observador aumenta. Este último método será evaluado a mayor profundidad en los siguientes capítulos.

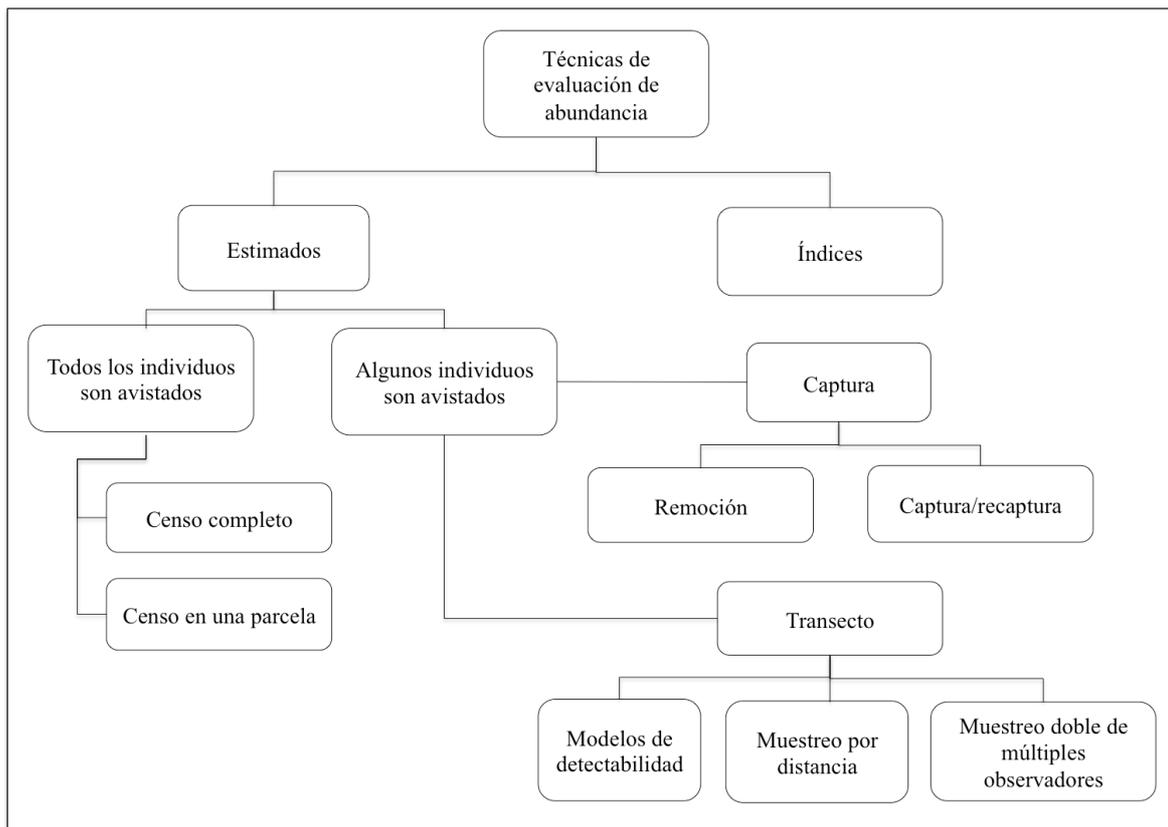


Figura 2: Métodos para evaluar abundancia,
FUENTE: Mills (2007)

En 1985, la UNALM llevó a cabo el primer ejercicio de campo en el cual se realizó un muestreo de venados por conductores en un área de 10ha en el sector Sauce grande. Este método consiste en un barrido del área en el cual los conductores o personas se encuentran a una misma distancia y avanzan a una misma velocidad contando los animales avistados². Este fue el primer intento de conteo y a partir de ese momento se han realizado anualmente diversos ejercicios de campo con alumnos de la UNALM. Desde 2004 se comenzó a registrar información sobre el conteo de venados de forma sistemática, evaluando diferentes metodologías. Entre el 2005 y 2014 se viene implementando la metodología de muestreo por distancia y procesando la información en el *software Distance*. En el 2006, los alumnos del curso de Técnicas de Manejo de Fauna de la maestría en Conservación de Recursos Forestales de la UNALM, compararon tres métodos para estimar la densidad poblacional dentro de la metodología de muestreo por distancia. Estas incluyeron el Transecto de Ancho Fijo, también llamando Faja de Ancho Irregular Predeterminado; Transecto de Ancho Variable y finalmente la aplicación del *software Distance* sin restringir los datos recolectados a una determinada distancia de corte o truncamiento. El estudio concluyó que

² Vásquez (2015). Comunicación personal.

éste último método era el más robusto por presentar los intervalos de confianza más estrechos. Si bien los otros métodos estiman densidades mayores, las varianzas de estos son mucho mayores también, lo cual sugirió que son menos precisos.

2.8 MUESTREO POR DISTANCIA

El muestreo por distancia considera que hay N objetos distribuidos por un proceso espacial estocástico en un área A . Se establecen líneas o puntos en el área y se mide la distancia (x) de los objetos a la línea o a los puntos (Figura 3). La teoría detrás de este enfoque establece que posiblemente algunos de los objetos no sean detectados. Además también existe una tendencia a que la detectabilidad disminuya conforme la distancia incrementa desde la línea o el punto de observación. Se pueden notar dos diferencias entre el enfoque de evaluación en un área fija y en el enfoque de muestreo por distancia, en éste último el área total podría ser desconocida y muchos objetos podrían no ser detectados (Buckland et al. 1993).

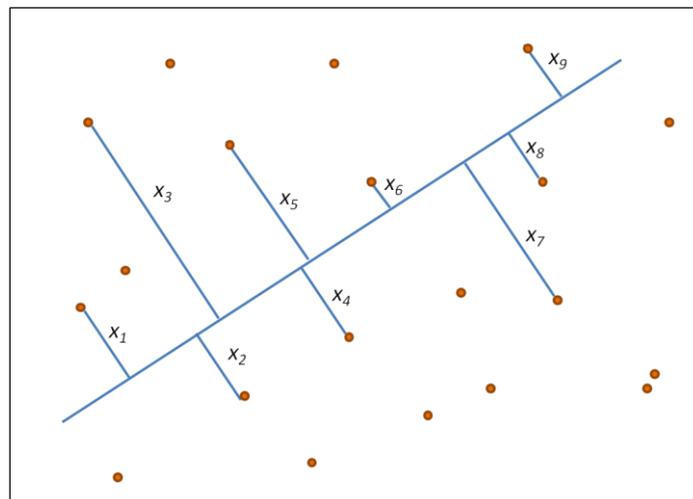


Figura 3: Esquema demostrativo del muestreo por distancia en el cual se ubica aleatoriamente un transecto lineal y se miden las distancias perpendiculares de la línea al objeto (x) detectad.

FUENTE: Adaptado de Buckland et al. (2001)

El muestreo por distancia es una técnica de evaluación para estimar la abundancia o densidad de una población de animales silvestres (Buckland et al. 2010) (Thomas et al. 2010). El nombre deriva de la información utilizada para inferir la densidad que es la distancia registrada desde la línea al objeto de interés (usualmente animales) a través de muestreo en transectos o puntos. En el caso de transectos, la distancia perpendicular es registrada, mientras que en el caso de puntos es la distancia radial. Un concepto clave es que la

probabilidad de detectar un animal disminuye conforme la distancia desde el observador aumenta.

Un elemento clave al concepto de muestreo por distancias es la función de detección $g(x)$, es decir la probabilidad de detectar un objeto, dada su distancia x a la línea. Generalmente la función de detección disminuye conforme se incrementa la distancia, pero siempre está bajo el siguiente rango $0 \leq g(x) \leq 1$. Se asume a continuación que la probabilidad $g(0) = 1$, es decir que los objetos sobre la línea son avistados con certidumbre.

El muestreo por distancia es mejor explicado en términos de un objeto de interés, a comparación con una especie particular. El objeto de interés puede ser el individuo de una especie o el rastro como nidos o heces, así también podrían ser clústeres de animales. En la teoría de muestreo por distancia, los clústeres deben ser tomados como el objeto de interés y las distancias deben ser medidas desde la línea o punto al centro geométrico del clúster.

El tamaño de muestra n debería ser generalmente entre 60-80, aunque para algunos casos tan poco como 40 podría ser adecuado. Un estudio piloto es valioso para predecir números de muestras requeridos, y usualmente podría mostrar es difícil que un tamaño de muestra de 40 alcance el nivel de precisión deseado (Buckland et al. 1993).

Hay tres supuestos claves (Buckland et al. 1993, Thomas et al. 2010):

(1) La probabilidad de observar un animal sobre la línea o transecto es de uno. Es decir se asume que todos los animales que estén a una distancia de cero metros sobre el transecto son detectados.

(2) Los animales son objetos fijos y por lo tanto se registra el punto inicial de observación. En la práctica, el movimiento del animal en transectos lineales no es problemático mientras sea lento relativo a la velocidad del observador.

(3) Las medidas son exactas. Los observadores que no están entrenados tienden a estimar distancias a través de la vista y la audición. De ser posible, entrenamiento y tecnología a través de telémetros o distanciómetros láser deberían ser usados para brindar una adecuada precisión. En este caso es importante obtener ángulos precisos sobre todo para ángulos menores. Se asume también que las especies son

correctamente identificadas, ningún animal es contado dos veces y las distancias son medidas exactamente.

Además de los tres supuestos que se han explicado anteriormente, la literatura enfatiza dos supuestos más a considerar. El primero es que se ha estimado un adecuado tamaño de muestra y que los transectos han sido ubicados aleatoriamente dentro del área de estudio.

En el diseño de un transecto en línea uno puede definir la distancia de detectabilidad (w) en la cual objetos a distancias mayores de w son ignorados. Así también w puede ser tomada como una distancia infinita (∞), en la que los objetos pueden ser identificados a grandes distancias.

Los datos de distancias pueden ser truncados (es decir descartados) previo al análisis o truncados después de una distancia w para eliminar valores atípicos que hacen que el modelamiento de la función de detección $g(x)$ sea difícil. Por ejemplo w podría ser elegida de tal modo que $\hat{g}(w) = 0.15$. Esta regla podría eliminar muchos animales en transectos por puntos pero sólo unos cuantos en transectos lineales. Otra regla propuesta es descartar entre cinco y diez por ciento de los datos detectados en las distancias más lejanas (Buckland et al. 2001).

Información complementaria de interés puede ser recolectada tal como estadio (adulto o juvenil), sexo, tamaño del clúster, tamaño del animal, entre otras. Esta información puede ser incorporada en la estimación de densidad de diversas maneras. Si la probabilidad de detección está en función de la información complementaria entonces podría utilizarse para estratificar la información o podría entrar al análisis como una covariable, para mejorar la estimación (Buckland et al. 2001).

En el muestreo por distancias a través de transectos, si los transectos tienen un ancho de $2w$ y se muestrea un largo total de L , un área $a = 2wL$ es evaluada. A partir del conteo de n objetos se puede hallar la siguiente ecuación del estimado de densidad (Buckland et al. 2001):

$$\hat{D} = \frac{n}{2wL}$$

Sin embargo en el muestreo de distancia por transecto, una proporción de los objetos n en el área a muestreada son detectados y esta proporción \hat{Pa} se podría estimar a partir de los datos de distancia con la siguiente ecuación (Buckland et al. 2001):

$$\hat{D} = \frac{n}{2wL\hat{Pa}}$$

2.10 SOFTWARE DISTANCE

El procesamiento y análisis de los datos de distancia para estimar la densidad y la abundancia se puede realizar en el *software Distance* versión 6.2.

Distance cuenta con cuatro motores de análisis descritos a continuación:

- Muestreo convencional por distancia (CDS, por sus siglas en inglés), que modela la probabilidad de detección como una función de la distancia perpendicular desde el transecto y asume que todos los objetos a una distancia cero son detectados.
- Muestreo de distancia y múltiples covariables (MCDS, por sus siglas en inglés), permite incluir covariables en adición a la distancia perpendicular que influyen en la densidad.
- Muestreo de distancia marca-recaptura (MRDS, por sus siglas en inglés), Flexibiliza el supuesto de que todos los individuos son detectados a una distancia cero.
- Modelamiento por superficie de densidad (DSM, por sus siglas en inglés) Permite modelar la variación en densidad en relación a covariables, usando muestreo por distancia.

Estos motores de análisis permiten determinar el modelo de función de detección a usar, los cuales son definidos usando una función principal, la misma que es ajustada usando una serie de expansión. Esto permite un mejor ajuste de los datos de las distancias perpendiculares obtenidas. Existen cuatro modelos de función principal disponibles dependiendo del motor de análisis seleccionado: uniforme (*uniform* en inglés), mitad de una distribución normal (*half-normal* en inglés) tasa de riesgo (*hazard-rate* en inglés) y exponencial negativo (*negative exponential* en inglés).

En la Figura 4. Se puede observar la forma que asume cada modelo en una curva de detección. La función uniforme asume que existe la misma probabilidad de detectar al objeto a cualquier distancia; la función de mitad de distribución normal como su nombre explica adopta la mitad de la curva de una distribución normal en donde hay a menor distancia hay mayor probabilidad de detección y conforme aumenta la distancia la probabilidad de detección disminuye de forma continua. Nótese que en esta última función se la probabilidad va cayendo más rápida que en la de tasa de riesgo y el ‘hombro’ es más estrecho. La función de tasa de riesgo acepta más ‘formas’ de datos y asume que existe un riesgo a que el objeto sea detectado a mayor distancia, ésta función podría ajustarse a datos en los que la probabilidad no disminuye continuamente con la distancia sino que podría haber algunas observaciones que no siguen este patrón por ejemplo en casos donde la topografía no permite que haya un adecuado detectabilidad y luego conforme se recorre el transecto la visibilidad aumenta y se permite ver objetos a mayor distancia. Por último la función de exponencial negativa, no se recomienda en la mayoría de casos excepto en caso del análisis en que se asuma que los datos no han sido correctamente registrados o procesados (Buckland et al. 1993, 2001).

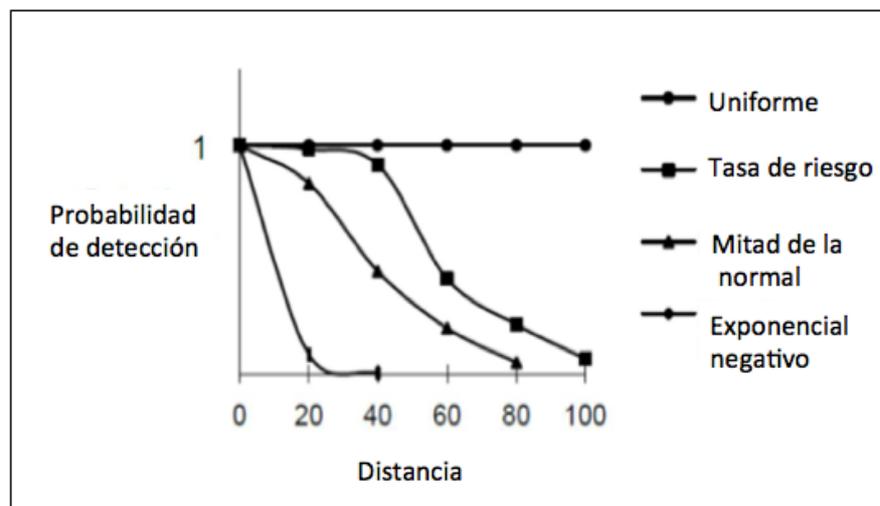


Figura 4: Formas adoptadas por las funciones principales que ofrece Distance para modelar la función de detección

La función uniforme y media normal probablemente deberían ser consideradas inicialmente. La función *uniform* no tiene parámetros mientras que la *half normal* tiene un parámetro desconocido a ser estimado a partir de la información de distancias. La función *hazard rate* también podría ser considerada pero requiere que dos parámetros sean estimados (Buckland et al. 2001).

Como segundo paso, se utiliza una serie de expansión para ajustar la función clave, utilizando uno o dos parámetros más para mejorar el ajuste del modelo a la información. Una función por sí sola puede ser adecuada pero normalmente se recomienda utilizar una serie de expansión para ajustarla. Todas las series de expansión son lineares en cuanto a los parámetros que utilizan. La Tabla 1 muestra las funciones claves y series de expansión asociadas que pueden ser evaluadas en *Distance*.

Tabla 1: Funciones clave y series de expansión disponibles en *Distance*

Función clave	Serie de expansión
Uniform	Cosine
	Simple polynomial
Half-normal	Cosine
	Hermite polynomial
Hazard rate	Cosine
	Simple polynomial

Distance utiliza la estimación por máxima verosimilitud (MLE), que es un método muy utilizado para ajustar un modelo y encontrar sus parámetros. El objetivo de MLE es hallar el valor de parámetro(s) que hacen que los datos observados sean más probables.

Distance proporciona un método cuantitativo para seleccionar un modelo a través del criterio de información de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés). Este se basa en la divergencia de Kullback Leibler (KL) que es una medida de la diferencia entre dos probabilidades de distribución teórica y real. En consecuencia, KL es una medida de la pérdida de información entre la teoría y la realidad. Akaike encontró una relación simple entre la función logarítmica de máxima verosimilitud y el estimado de la media de KL. AIC se basa en la siguiente ecuación:

$$AIC = -2 \cdot \log_e(\mathcal{L}) + 2q$$

Donde q es el número de parámetros estimados en el modelo estadístico y \mathcal{L} es el máximo valor de la función de verosimilitud. El modelo con el menor valor de AIC provee el mejor ajuste de los datos. Estos valores son comparables sólo si los datos y los filtros utilizados son los mismos. *Distance* provee un valor de ΔAIC (delta AIC), que es la diferencia entre este los demás valores de AIC con el del modelo con menor valor. Por lo tanto lo más recomendable es seleccionar el ΔAIC con valor cero.

Una siguiente herramienta que presenta *Distance* para evaluar los resultados del procesamiento de datos es el gráfico Q-q el cual utiliza para información que no se encuentra organizada en intervalos. En estadística este gráfico es utilizado para comparar la distribución de dos variables. En caso que estas variables sigan la misma distribución entonces la gráfica mostrara que ambas variables siguen una línea recta. El gráfico Q-q permite comparar el ajuste del modelo de función de detección a la información graficando la función acumulativa de distribución (cdf, por sus siglas en inglés) contra la función de distribución empírica (edf, por sus siglas en inglés). La función cdf es la probabilidad de obtener una distancia menor o igual que x (distancia medida entre el transecto y el objeto avistado) que se evalúa para cada observación mientras que edf es la proporción de la información con distancias menores que x . El Gráfico Q-q permite identificar problemas como en casos de redondeo en los datos y otros alejamientos sistemáticos del modelo (Buckland 2001).

Entre las pruebas de bondad de ajuste X^2 se encuentra *Kolmogorov- Smirnov (K-S)* es una prueba estadística no paramétrica que cuantifica la distancia máxima entre cdf y edf. Cuanto menor sea la distancia significa que la data se ajusta mejor al modelo. La hipótesis nula dice que los datos siguen la misma distribución que el modelo, un valor de p mayor igual a 0.05 quiere decir que la evidencia es débil en contra de la hipótesis nula por lo tanto se acepta y se asume que los datos y el modelo se ajustan.

2.11 DISEÑO DE MUESTREO POBLACIONAL

Los análisis que se puedan llevar a cabo con la distancia perpendicular o distancia más cercana a la línea o transecto en el *Distance*, dependen de un trabajo a priori que incluye un

diseño de muestreo válido con un estimado del tamaño de muestra y un trabajo de campo siguiendo un protocolo.

Un primer paso previo al diseño se basa en definir la población, el área y los objetivos del estudio. Esto podría parecer lógico e implícito en muchos casos, pero muchas veces se emprenden estudios sin considerar estos elementos. A partir del conocimiento de la biología, ecología y dinámica poblacional dentro del área de estudio podremos definir que metodología utilizar para su estimación y definir si es una población abierta o cerrada tanto a nivel geográfico como demográfico. Si es abierta, se deben incorporar la emigración e inmigración que estarían afectando los estimados del tamaño poblacional.

En el caso de un estudio de estimación de la densidad poblacional, el siguiente paso es estimar el tamaño de muestra. Se recomienda que el número de muestras o número de observaciones (n) se encuentre entre 60 y 80 para una estimación confiable de la función de detección. En el caso de la técnica de muestreo por distancias el número de observaciones estará estrechamente relacionado con el esfuerzo de muestreo o con el largo total (L). La estimación del esfuerzo de muestreo necesario dependerá del nivel de precisión o coeficiente de variación que se planea utilizar según los objetivos del estudio (Buckland et al. 2001).

Es importante reconocer que los muestreos son estimados y por lo tanto están sujetos a cierto error. Los manejadores de fauna silvestre han realizado un buen trabajo si sus estimados se encuentran dentro del diez por ciento de la población. En el caso de los venados, estos son capaces de responder a una cierta disminución en el número de la población a través de un aumento en la sobrevivencia de los más jóvenes. Es por esto que un diez por ciento de error es bastante tolerable para propósitos de determinar niveles de cosecha (Former y Armstrong 1999).

Para establecer el largo a muestrear, Burnham et al. (1980) recomiendan utilizar la siguiente ecuación:

$$L = \left(\frac{b}{\left\{ cv_t (\hat{D}) \right\}^2} \right) \left(\frac{L_o}{n_o} \right)$$

El estimado de longitud total depende del coeficiente de variación y el conocimiento previo de la tasa de encuentro (n_0 / L_0) a partir de un estudio piloto o un muestreo previo. Mientras que se puede estimar n_0 / L_0 a partir de estudios previos, la estimación de b , el parámetro de dispersión, también llamado factor de inflación de varianza presenta mayores desafíos. Sin embargo Eberhardt (1978) en Burnham et al. (1980) proveen evidencia que b normalmente estaría entre dos y cuatro, independiente de n . Ellos recomiendan utilizar un valor de tres para propósitos de planificación.

En el diseño de muestreo es importante utilizar un método objetivo para la selección de las muestras. Se revisan cinco conceptos que deben ser considerados a la hora de seleccionar la disposición y ubicación de los transectos (Buckland et al. 2001).

Hay principios del diseño de un muestreo que deben cumplirse en caso de querer inferir sobre el tamaño de la población. Entre estos se menciona la aleatoriedad de las muestras, la replicación y la independencia (Buckland et al. 2001).

La aleatoriedad de las muestras o transectos dentro del área de estudio garantizan que la evaluación cubre áreas donde la densidad es representativa, de no ser así no se podría extrapolar el estimado para toda el área de estudio. Si los transectos no son ubicados aleatoriamente pero por el contrario en trochas, entonces la responsabilidad recae sobre el investigador en demostrar que las trochas seleccionadas proveen de una muestra representativa de la población, y que la distribución de animales es uniforme con respecto a la distancia desde la línea. Aunque generalmente es menos costoso llevar a cabo evaluaciones a lo largo de trochas, no hay garantía que las densidades (o tendencias temporales en densidad) en las trochas sean representativas del área de estudio (Buckland et al. 2001).

El segundo principio del muestreo es la replicación, aun si las líneas o transectos están dispuestas aleatoriamente, si hay pocos transectos, podría ser que sólo se evalúen áreas con densidades atípicas. Así también la precisión es pobremente estimada cuando la replicación es inadecuada. Buckland et al. (2001) recomiendan establecer entre 10 y 20 transectos, pero los mismos autores recomiendan en documentos recientes que éste número sea más cerca al 20 (Buckland et al. 2010).

Otro principio que se considera en muchos estudios es la independencia de la muestra. Algunos estudios mencionan que un objeto no debe ser contado en más de un transecto. Esto por sí solo no es cierto, no es un supuesto del muestreo por. En muestreos donde el ancho del valor de truncamiento es infinito ($w = \infty$), un objeto puede ser detectado desde dos líneas sin violar ninguno de los supuestos. Sin embargo, en el caso que un objeto se mueva adelante del observador y sea contado repetidas veces, esto podría conllevar a sobreestimar la abundancia. El doble conteo por sí solo no es causa de sesgo si es que corresponden a diferentes unidades de muestreo. Igualmente el sesgo podría no ser significativo a menos que se produzca comúnmente a lo largo de un muestreo (Buckland et al. 2001).

El uso de trochas de cacería está fuertemente criticado por los autores del método de muestreo por distancia. Autores alertan sobre el posible riesgo de ausencia de representatividad de hábitat de la especie cuando se utilizan trochas preexistentes y esto debe ser evaluado para considerar mayor cobertura (Hiby y Krishna 2001).

Un factor a evaluar es que la mayoría de autores asumen que los transectos son rectos y este no siempre es el caso. Existen casos en los que establecer transectos en línea recta a través de un bosque o un área colinosa consume tiempo y recursos. Existen estudios que argumentan que los caminos o trochas de cazadores son adecuados como transectos para muestreo, aún cuando en general no son rectos. Se encontró que estas trochas o caminos son adecuados para muestrear la densidad de una población cuando el radio mínimo de curvatura de la trocha es menor al ancho del “hombro” de la curva de probabilidad de detección (Hiby y Krishna 2001).

Por último cuando se está diseñando un sistema de muestreo, se debe evaluar qué decisión tomar con las muestras que caen cerca o en el borde del área de estudio. Por ejemplo, en el caso de los transectos que caigan en el borde del área de estudio, se recomienda evaluar sólo el lado del transecto (izquierda o derecha) que caiga dentro del área de estudio y descartar los avistamientos que caigan fuera.

2.12 OTRAS EXPERIENCIAS DE ESTIMACIÓN DE DENSIDAD POBLACIONAL EN EL PERÚ

Coto de Caza el Angolo – Sector Norte

Así también en el CCEA, se estudió la densidad Poblacional de *Odocoileus virginianus* en el sector norte que cual se encuentra bajo la administración de la ONG Naturaleza y Cultura Internacional (NCI). Este sector abarca una extensión de 36,000 ha, de las cuales 13 286.43 ha fueron evaluadas en el 2013. Se recorrieron ocho transectos lineales con un esfuerzo de muestreo de 723.17km. Se encontró una densidad poblacional para el venado cola blanca de 0,01ind/Ha y una abundancia de 127 individuos para el sector norte del coto del CCEA (Quevedo Cortez 2014).

Reserva Nacional Pucacuro

La Reserva Nacional Pucacuro, está ubicada en el distrito de El Tigre, en la provincia y departamento de Loreto con una superficie de 637,953.83 ha. Como parte del plan de manejo, la gestión del área protegida busca monitorear el tamaño y cambios en la población de especies objetivo de caza a través de la técnica de muestreo por distancia durante los años 2012 al 2014. El estudio incluye las siguientes especies: huangana, sajino, venados colorado y majás para los cuales la abundancia fue estimado en 2232, 713, 527 y 10,028 respectivamente. La evaluación se realizó entre los meses de mayo y noviembre en temporada de creciente y vaciante. Se ubicaron nueve transectos de ancho fijo, manteniendo la independencia entre sí y cubriendo diferentes tipos de vegetación propias del hábitat de cada especie. Se registraron las distancias perpendiculares a individuos y en el caso de grupos se midió la distancia perpendicular al individuo más cercano. También se contaron registros indirectos para estimar densidad como madrigueras en el caso del majás (*Cuniculus paca*). La época de creciente puede favorecer a varias especies y perjudicar a otras, en términos de abundancia. Por lo general la época de creciente favoreció a más especies que la época de vaciante. El estudio encontró que la densidad no es uniforme a lo largo del área de estudio, sino que mas bien varía en las diferentes localidades. Así también se encontró que la densidad varía en diferentes estaciones (Perez Peña 2016).

Reserva Nacional Pacaya Samiria

En la Reserva Nacional Pacaya Samiria se ha realizado monitoreo de diversas especies de fauna durante el 2011 en las temporadas de vaciante y creciente del río Samiria. Se recorrieron transectos entre 2 a 5 km de largo, en algunos casos se abrieron nuevos y en otros se utilizaron transectos antiguos. Se utilizó el software *Distance* para procesar los datos de distancia perpendicular en transectos de ancho fijo. Se evaluaron las densidades de primates, ungulados, roedores, carnívoros y edentados, encontrándose mayor densidad de primates en

los tres tipos de zonas de caza establecidas categorizadas de acuerdo a la presión de caza como ligera, moderada e intensa. En consecuencia, se cree que los primates a diferencia de los demás órdenes de mamíferos toleran mejor las fluctuaciones fluviales estacionales del río. Asimismo, se ha encontrado que las diferencias extremas registradas en el nivel del agua como causa del cambio climático está teniendo un impacto sobre las poblaciones. Entre los efectos que se pudieron observar a poblaciones de mamíferos terrestres se encontró que la reducción del área habitable durante la temporada de crecida por causa de inundaciones tuvo entre sus consecuencias la reducción en la disponibilidad de alimento y mayor exposición a la depredación (Bodmer et al. 2012).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se enmarca geográficamente al sur este del CCEA, en el sector Sauce Grande, en un área cercada de 7,043.67 ha de las 9,980 ha que componen el Contrato de Administración Parcial. Durante los meses de noviembre y diciembre del periodo 2004 al 2014 se evaluaron las siguientes seis trochas de cacería: Angolito, Botella, Ceibos, Charán, Lodazal y Macanche que se encuentran distribuidas en los sub sectores Sauce Grande y Potrero Angolito (Figura 5). En promedio, estas trochas se recorrieron entre 12 y 14 veces al año, es decir se recorrió entre 450 y 600 km por año.

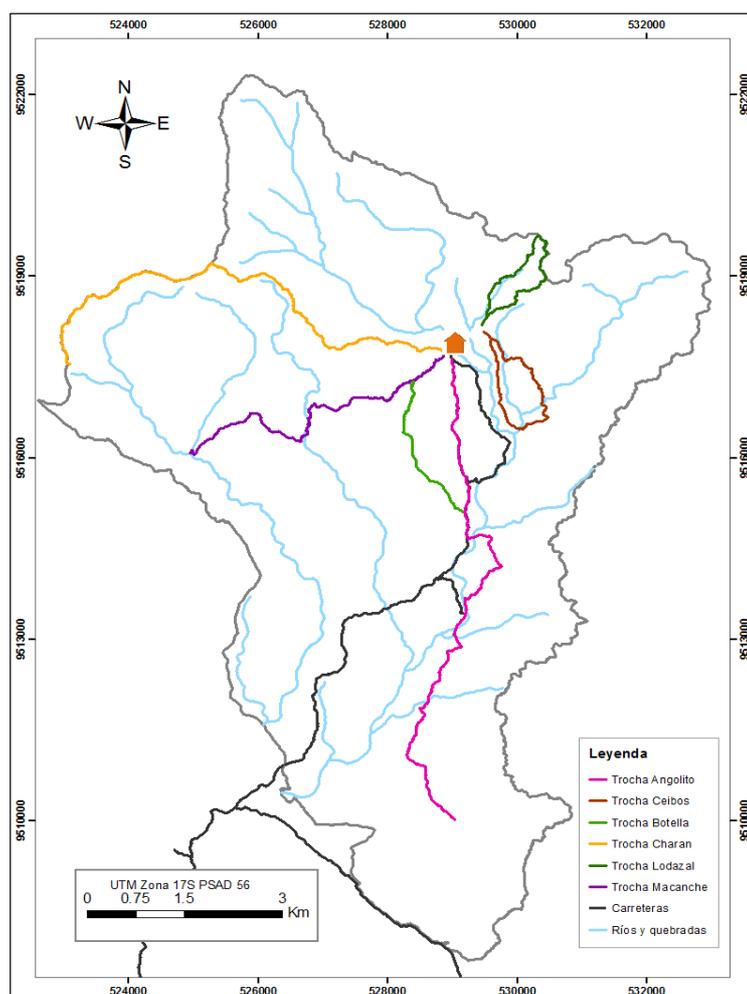


Figura 5: Mapa de ubicación de las seis trochas evaluadas dentro del área de estudio

3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO

Durante los meses de noviembre y diciembre del año 2004 al 2014, se llevó a cabo el curso de técnicas de manejo de fauna de la maestría en CRF de la UNALM que consta de una salida de campo de aproximadamente un mes en el CCEA. Las evaluaciones se realizan durante estos meses después de finalizar la temporada de cacería porque siendo el inicio de la temporada de lluvias, la flora no ha recuperado su follaje lo que permite la adecuada detección de venados.

En el año 2008 la autora de la presente tesis llevó el curso en mención y en el 2009 acompañó a los alumnos de Maestría de la siguiente promoción para recolectar información. La principal actividad del curso consistió en realizar inspecciones a lo largo de seis trochas, tres cortas (entre 2600 a 5600m) y tres largas (aprox. 5600 a 9600m).

Las brigadas que recorrieron las trochas estuvieron compuestas por un guía montado en mula y dos alumnos, uno montado en mula y el otro a pie. El guía que conformó cada brigada fue un poblador local con amplia experiencia en el reconocimiento de la especie. Los avistamientos se registraron de ida y de regreso en cada trocha, por lo que se obtuvieron dos recorridos al día entre los rangos horarios de siete a diez de la mañana.

Las observaciones se registraron en una libreta de campo en la cual se anotó el lado de la trocha (izquierda o derecha) en el cual se observó al animal. La estimación de la densidad poblacional a través de la técnica de muestreo por distancia requiere tomar datos precisos en campo. A lo largo de este estudio se ha tomado la distancia del observador al objeto (r) y ángulo de avistamiento (θ) para poder estimar la distancia perpendicular del objeto a la trocha en gabinete (ver Figura 6). La distancia de avistamiento se midió utilizando un distanciómetro laser y el ángulo con respecto al norte magnético se midió utilizando una brújula. La ubicación del observador se registró en el GPS así como también en la libreta de campo. Así también se anotó el sexo y el estadio de cada animal.

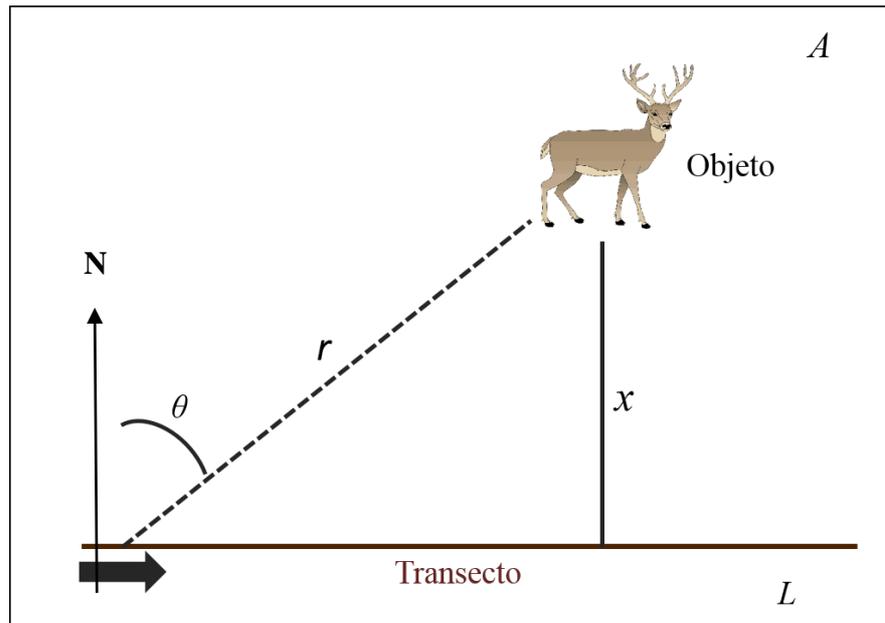


Figura 6: Esquema de metodología para estimar la distancia perpendicular x desde objeto al transecto.

3.3 RELACIÓN DE CONSTANTES CONOCIDAS Y PARÁMETROS DESCONOCIDOS QUE SERÁN UTILIZADOS DENTRO DEL PRESENTE ESTUDIO

A continuación se describen las diferentes variables utilizadas en el estudio para estimar la densidad poblacional del venado colablanca:

Las constantes conocidas que se manejan en el estudio a continuación:

A = área ocupada por la población de interés

k = número de líneas o puntos evaluados

l_i = largo de una cantidad de transecto (s), $i = 1, \dots, k$

L = largo total de la línea = $\sum l_i$

w = ancho del área que será evaluada a cada lado de la línea, o el punto de truncamiento o descarte a partir del cual la información no es considerado dentro del análisis

Los Parámetros desconocidos en la evaluación por transecto:

D = densidad (número por unidad de área)

N = tamaño de la población en el área de estudio

$E(s)$ = promedio del tamaño del clúster

$f(0)$ = la función de probabilidad de densidad de las distancias desde la línea, evaluadas a distancia cero

$g(0)$ = la probabilidad de detección en la línea, usualmente de 1

Equipos y materiales

- Libretas de campo
- GPS GARMIN, modelos: 60CSx y 62s (Configurados para coordenadas UTM zona 17 con datum PDSA 1956)
- Brújulas SUUNTO, modelos: KB 14/D
- Distanciómetros BUSHNELL, modelo: YARDAGE PRO 1000.
- Binoculares BUSHNELL, modelos: 7x50.
- Laptops
- *Software*: MapSource (versión 6.8.0), ArcView (versión 3.3), ArcGis (versión 10.2), *Distance* (versión 6.0), Microsoft office 2007.



Figura 7: Equipos y materiales necesarios para realizar mediciones en campo

3.4 REVISIÓN, LIMPIEZA Y ADECUACIÓN DE INFORMACIÓN A UNA BASE DE DATOS

Se revisó exhaustivamente la información de cada año con el objetivo de reconstruir la información inicial recolectada en campo. La información revisada consiste en las siguientes fuentes de información en cada año de estudio: libretas de campo (ver Figura 8); Tablas de Excel, informes de alumnos; informe del coordinador del curso al CCPT-P; archivos con coordenadas y tracks tomados con GPS; así como shapefiles de las coordenadas de ubicación de observadores. Se revisó la metodología empleada para estimar la distancia perpendicular del objeto a la línea y se compararon las metodologías empleadas en diferentes años por los alumnos.

Se procedió al diseño de un formato para el registro de información en campo y en gabinete en la cual se adecuó la información revisada y corregida en cada año de estudio. El formato de registro de información formará parte del protocolo para la estimación de densidad poblacional del venado cola blanca en el CCEA (Tabla 2).



Figura 8: Libretas de campo de los alumnos del curso de técnicas de manejo de fauna silvestre

Tabla 2: Tabla estandarizada para el registro de información en campo y gabinete

N	ID	TROCHA	FECHA	HORA	HORARIO	LON_X	LAT_Y	ANGULO	DIST_A	N_TOTAL	DIST_MC
1	124	Botella	29-11-07	07:32	M	528250	9516650	76	100	2	92.44
2	63	Ceibos	29-11-07	03:00	T	530412	9516964	83	50	2	50.41
3	125	Botella	29-11-07	07:32	M	528872	9515492	122	21	2	15.35
5	215	Lodazal	29-11-07	04:15	T	529644	9518417	143	99	2	101.46
6	64	Ceibos	29-11-07	03:00	T	530398	9516597	155	94	3	103.07
7	61	Ceibos	29-11-07	07:10	M	530394	9517012	161	54	2	15.53
8	122	Botella	29-11-07	07:32	M	528332	9516849	179	57	1	13.89
9	62	Ceibos	29-11-07	03:00	T	530397	9517004	190	49	3	6.46
10	211	Lodazal	29-11-07	07:10	M	530386	9518914	190	30	1	18.56
11	60	Ceibos	29-11-07	07:10	M	530377	9517050	194	48	2	22.62
12	213	Lodazal	29-11-07	04:15	T	530334	9518827	200	44	1	26.08
13	210	Lodazal	29-11-07	07:10	M	530386	9518914	208	28	1	9.67
14	123	Botella	29-11-07	07:32	M	528294	9516767	233	80	1	31.23
15	66	Ceibos	29-11-07	03:00	T	529594	9517875	261	100	1	98.00
16	65	Ceibos	29-11-07	03:00	T	529595	9517876	270	87	1	81.85

Se revisaron también los tracks tomados por el GPS y los correspondientes shapefiles generados por trochas por año y se sobrepusieron a una imagen satélite RapidEye (2010) con el objetivo de revisar y comparar el ajuste del recorrido por los estudiantes con la ubicación y forma de la huella espectral dejada por la trocha en la imagen. Se editaron los

shapefiles de las trochas en caso no se hubieran eliminado artefactos generados por el GPS al generar con alta frecuencia puntos de ubicación. Se calcularon las nuevas distancias recorridas en las trochas, en fecha posterior a la edición y se compararon con las distancias de las trochas iniciales.

3.5 CÁLCULO DE LA DISTANCIA PERPENDICULAR

A partir de un modelo de procesamiento de información en secuencia a través del módulo de Model builder del ArcGis 10.2 es que se estimó la distancia perpendicular entre el objeto y la línea así como las coordenadas del animal para poder mapearlo. Los modelos fueron corridos independientemente por cada trocha una de las seis trochas y por cada uno de los cuatro años de estudio.

3.6 ADECUACIÓN DE DATOS AL FORMATO DEL PROGRAMA DISTANCE

El programa *Distance* requiere de al menos cinco columnas de información, la primera es el nombre de estrato(s). Se definió un sólo estrato para toda el área de estudio dado que no había un análisis previo de estratificación. La segunda columna es el área del estrato y por ser un sólo estrato, el área es equivalente al área de estudio. La tercera columna es el nombre de la trocha, la cuarta columna es el largo total recorrido por transecto (esfuerzo de muestreo) y la quinta columna es la distancia perpendicular estimada. La información dentro del formato de entrada fue ordenada a partir de la columna de la trocha, de lo contrario *Distance* asume que existen más trochas de las existentes.

El presente estudio consideró que la población de venados no se configura en clústeres. Por lo tanto se desagrupó la información inicialmente registrada por los alumnos en la cual se desprendió la misma distancia para los individuos que fueron observados en agrupaciones de más de un individuo. Esta decisión se tomó en base a una extensa revisión bibliográfica en la cual se estudió la biología y comportamiento de la población que describe al venado cola blanca. Este describe al venado como un animal de comportamiento solitario y en caso hayan sido observados en grupos estos son en su mayoría pocos individuos, generalmente madre y cría o son observados en un grupo que como máximo son cuatro individuos cerca de una fuente de agua³. Asimismo, la bibliografía detrás de muestreo por distancia y documentos que acompañan al programa *Distance* señalan que el clúster es un término que se aplica a poblaciones que presentan agrupaciones extensas como es el caso de manadas de

³ Vásquez (2015). Comunicación personal

leones, escuelas de delfines, bandadas de aves, entre otros (Buckland et al. 2001). Se mantuvo una comunicación personal con miembros del equipo de expertos de *Distance*⁴ sobre el significado de clúster y las implicancias de desagrupar información tomada inicialmente en clúster, quien estuvo de acuerdo en desagrupar la información e hizo referencia a un estudio que había desagrupado información encontrando que las consecuencias no eran significativas (Buckland et al. 2010).

3.7 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

El análisis exploratorio buscó entender la distribución de la información e identificar algún posible problema. Se graficaron histogramas de la frecuencia de avistamiento en intervalos de diez metros de distancia por cada año de estudio, para obtener una figura de fina resolución. Se examinaron los histogramas buscando evidencia de presencia de picos en los datos, redondeos en distancias, movimiento evasivo o por el contrario animales que eran atraídos por el observador, datos atípicos o “outliers” y otros.

3.8 INCORPORACIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS EN *DISTANCE*

Se importaron las tablas en formato separado por comas (csv) a *Distance* y se siguieron una serie de pasos en *Distance* para poder incorporar información de muestreos que ya han sido realizados.

Se decidió analizar los datos en formato de clúster tal como fueron analizados por los alumnos de la Maestría y en formato desagrupado por lo que se tuvieron que crear dos proyectos en *Distance* para cada año.

Dentro del módulo de análisis de *Distance* se utilizó el motor de análisis Muestreo convencional por distancia (CDS, por sus siglas en inglés). Se definieron analizaron seis diferentes modelos (una función principal y una serie de expansión) entre los cuales se encuentran las funciones cosine, half normal y hazard rate y las series de expansión disponibles para cada uno que son cosine, polynomial y hermite (Tabla 3). A estos seis modelos se los aplicó cinco diferentes cortes o truncamientos (w) en los datos a la derecha o izquierda de la curva. El primero tratamiento fue un corte a $w = \infty$, el segundo y tercer corte

⁴ Comunicación personal con Erick Rexstad vía google groups *Distance Sampling*. Research Unit for Wildlife Population Assessment. Centre for Research into Ecological and Environmental Modelling. University of St. Andrews

en 5 y 10 por ciento respectivamente de los datos más distantes o a la derecha de la curva de detección, el cuarto y quinto corte considera también el corte en 5 y 10 por ciento respectivamente así como un corte a la izquierda de la curva eliminando los datos con valores que fueron redondeados a cero.

Tabla 3: Tabla de mostrativa con diferentes tratamientos aplicados a los datos en Distance

Modelo (Función + ajuste)	$w = \infty$	$w = 5\% \text{ data}$	$w = 10\% \text{ data}$	$w = 5\% \text{ trunc. Izq. } 3m$	$w = 10\% \text{ trunc. Izq. } 3m$
Uniform + cosine					
Uniform + polynomial					
Half normal + cosine					
Half normal + hermite					
Hazard rate + cosine					
Hazard rate + polynomial					

3.9 ESTABLECIMIENTO DEL CRITERIO DE SELECCIÓN DEL MODELO

En base a la revisión de literatura documentada en el capítulo IV. 8 del presente documento se definió una serie de criterios en orden de prioridad para seleccionar el modelo de detección para cada año.

El primer criterio es el modelo que presentara menor AIC es decir, un mayor ajuste a los datos así como un menor o delta AIC de cero. El segundo criterio evalúa la bondad de ajuste para lo cual se observa la gráfica Q-q y la prueba K-S buscando dentro de los modelos el que presenta un p mayor a 0.05.

3.10 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MUESTREO

En base a la revisión de literatura sobre diseño de muestreo poblacional y las recomendaciones documentadas por los autores de *Distance* a las que se hace referencia en el capítulo IV. Revisión de Literatura del presente documento de tesis es que se analizó el diseño de muestreo actual.

Primero se analizó la representatividad del sistema de trochas actual dentro del área de estudio. Para realizarlo se utilizó como base el mapa de vegetación por medio de la técnica de digitalización en pantalla de la imagen satélite RapidEye del 2010⁵. Esta clasificación

⁵ Vásquez (2015) Comunicación personal

cuenta con doce clases de vegetación para el área de estudio con una variable área que va de 1-27% por lo que se procedió agrupar en seis clases con características similares para poder tener un área más uniforme por clase o estrato.

Se procedió a estimar el área cubierta por cada uno de estos seis estratos de vegetación en relación al área total. En base a este análisis se analizó la longitud que se debería recorrer proporcional área de ocupación de cada estrato. Así también se estimó la diferencia entre la longitud aproximada que se han recorrido en los ejercicios de campo por la UNALM y lo que debería de recorrerse en base a este análisis de asignación por proporción.

Posteriormente se estimó la longitud total a recorrer y el tamaño de muestra en base a la ecuación referida en el capítulo IV pág. 22 del presente estudio.

3.11 ELABORACIÓN DE PROTOCOLO DE MUESTREO

En base al presente estudio, se elaboró un protocolo para la toma de datos en campo, procesamiento y análisis de datos e interpretación de resultados en gabinete (Anexo 2).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 OBSERVACIONES Y EDICIONES A LOS DATOS

Se revisaron y limpiaron los datos provenientes de los ejercicios de campo de la maestría CRF-UNALM en los años 2005, 2007, 2009, 2011 y 2013 y se completaron los formatos estandarizados en Excel.

Inicialmente, se consideró analizar la información de los cinco años impares entre 2005 y 2014. Sin embargo, al revisar la información disponible de diversas fuentes para el año 2005, no se encontraron las coordenadas de ubicación de los observadores. Por lo tanto no se pudo calcular la distancia perpendicular y como resultado no se pudo considerar este año de estudio dentro del análisis.

Se comparó la longitud estimada para cada trocha por los alumnos de la maestría y de esta tesis (Tabla 4). Se puede observar diferencias considerables particularmente en el año 2009, en la trocha Angolito hay una diferencia de 498m, en la trocha Charán es de 1762m, en la trocha Lodazal es de 1580. En general la diferencia en los años 2007, 2011 y 2013 bordea los 30km de longitud total, sin embargo, en el 2009 la diferencia es de 70km.

Tabla 4: Comparación entre la longitud de trochas estimada por los alumnos de la maestría y la longitud editada por esta tesis.

Nombre	Clasificación	Fuente	Longitud			
			2007	2009	2011	2013
Angolito	Larga	Alumnos SIG	9701	10267	9806	9995
		Tesis SIG	9700	9784	9756	9794
		Diferencia	1	483	50	201
Ceibos	Corta	Alumnos SIG	4543	4381	4459	4470
		Tesis SIG	4303	4381	4418	4398
		Diferencia	240	0	41	72
Botella	Corta	Alumnos SIG	2757	2848	2804	2828
		Tesis SIG	2757	2848	2804	2833
		Diferencia	0	0	0	5
Charan	Larga	Alumnos SIG	8793	9126	8714	8697
		Tesis SIG	8304	7364	8611	8646
		Diferencia	489	489	1762	103
Lodazal	Corta	Alumnos SIG	4081	5704	4085	4201
		Tesis SIG	4111	4124	4223	4335
		Diferencia	30	1580	138	134
Macanche	Larga	Alumnos SIG	5996	6386	6245	6170
		Tesis SIG	5890	5958	6097	6114
			106	428	148	56
Longitud Total Alumnos (km)			359	387	361	364
Longitud Total Tesis (km)			351	345	359	361
Diferencia (km)			8	43	2	2

En cada ejercicio de campo los alumnos mapean las trochas el primer día. Se observó que las coordenadas de ubicación de los observadores los siguientes días muchas veces no coinciden con el trazo de la trocha en el SIG y se encuentran a más de diez metros de distancia. Se asume que existe un error debido a la precisión del GPS al tomar los datos para mapear la trocha el primer día y éste se suma al error al mapear los puntos de ubicación del observador los días siguientes. Al no saber la ubicación real del observador cuando éste midió la distancia de avistamiento al animal no se puede tener un estimado preciso de la distancia perpendicular a la trocha. En los casos en que el punto de ubicación del observador

se encontraba a más de 10m del trazo de la trocha se decidió eliminar el punto para no sesgar aún más el estimado de distancia perpendicular.

Una vez terminada la fase de edición se documentó en la Tabla 5 la longitud de cada transecto en cada año de estudio; el número de visitas realizadas durante los días de campaña; el esfuerzo de muestreo o distancia total recorrida; las observaciones en cada trocha y la tasa de encuentro que son el número de observaciones entre la longitud L . Resalta la alta tasa de encuentro en la trocha Botella en los primeros dos años y esto se puede explicar por el ojo de agua que se encuentra en esa trocha. Sin embargo, en el 2011 la tasa de encuentro en la misma trocha disminuye, se cree que es debido a que fue un año seco y en el 2013 se puede ver nuevamente con una de las tasas de encuentro más altas.

4.2 MODELO DISTANCIA PERPENDICULAR

El modelo que se trabajó en la aplicación ModelBuilder del ArcGis 10.2 consiste de cuatro pasos (nótese el martillo en cada casilla) ilustrados en la Figura 9. En el primero a través de la herramienta *Bearing Distance To Line* a partir de las coordenadas x, y del observador, la distancia y ángulo, se calculó el punto de ubicación del venado y se construyó un vértice entre el observador y el venado.

En un segundo proceso en el extremo del vértice se creó el punto de ubicación del venado en formato shapefile con la herramienta *Feature Vertices to Points*. En el tercer proceso se añaden las coordenadas de ubicación del venado en el shapefile a través de la herramienta *Add XY Coordinates*. Por último, en el cuarto paso se calculó la distancia más cercana (perpendicular) a partir del shapefile del venado y el de la trocha correspondiente mediante

Tabla 5: Tabla de datos de las evaluaciones en campo realizadas en los años 2007, 2009, 2011 y 2013

Año	Nombre	Transecto	Esfuerzo		Observaciones	Tasa de encuentro (n/L)
		Longitud (m)	Visitas	Distancia recorrida (km)		
2007	Angolito	9700.00	14	135.80	84	0.62
	Botella	2757.00	13	35.84	62	1.73
	Ceibos	4303.00	14	60.24	99	1.64
	Charan	8304.00	14	116.26	56	0.48
	Lodazal	4111.00	14	57.55	46	0.80
	Macanche	5890.00	14	82.46	36	0.44
	Total	35065.00	83	488.15	383	
2009	Angolito	9784.00	12	117.41	92	0.78
	Botella	2848.00	12	34.18	50	1.46
	Ceibos	4381.00	12	52.57	39	0.74
	Charan	7364.00	12	88.37	24	0.27
	Lodazal	4124.00	12	49.49	18	0.36
	Macanche	5958.00	12	71.50	18	0.25
	Total	34459.00	72	413.51	241	
2011	Angolito	9756.00	14	136.58	71	0.52
	Botella	2804.00	14	39.26	22	0.56
	Ceibos	4418.00	14	61.85	82	1.33
	Charan	8611.00	13	111.94	32	0.29
	Lodazal	4223.00	14	59.12	30	0.51
	Macanche	6097.00	14	85.36	27	0.32
	Total	35909.00	83	494.12	264	
2013	Angolito	9794.00	12	117.53	212	1.80
	Botella	2833.00	12	34.00	25	0.74
	Ceibos	4398.00	12	52.78	64	1.21
	Charan	8646.00	12	103.75	16	0.15
	Lodazal	4335.00	12	52.02	29	0.56
	Macanche	6114.00	12	73.37	15	0.20
	Total	36120.00	72	433.44	361	

la herramienta *Near*. El shapefile resultante contiene información en su tabla de atributos del identificador único por registro (ID), coordenadas iniciales del observador, el ángulo y distancia de avistamiento, y la distancia más cercana entre el venado y la trocha. Se consideró importante que el shapefile resultante albergara toda esta información para poder realizar una revisión adecuada del proceso relacionando todas las fuentes de información.

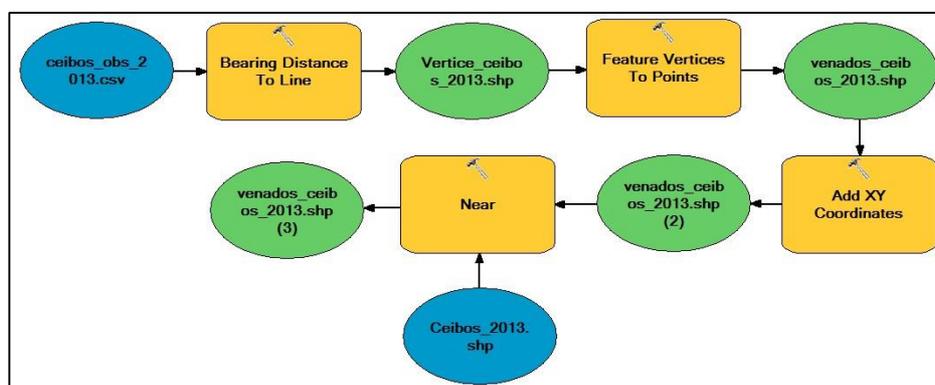


Figura 9: Mapa de procesos para la estimación de la distancia perpendicular en la aplicación ModelBuilder de ArcGis

El modelo para hallar la distancia perpendicular en ArcGis genera un shapefile de observaciones con el cual podemos mapear la ubicación de los venados avistados en las diferentes trochas del área de estudio (figura 10).

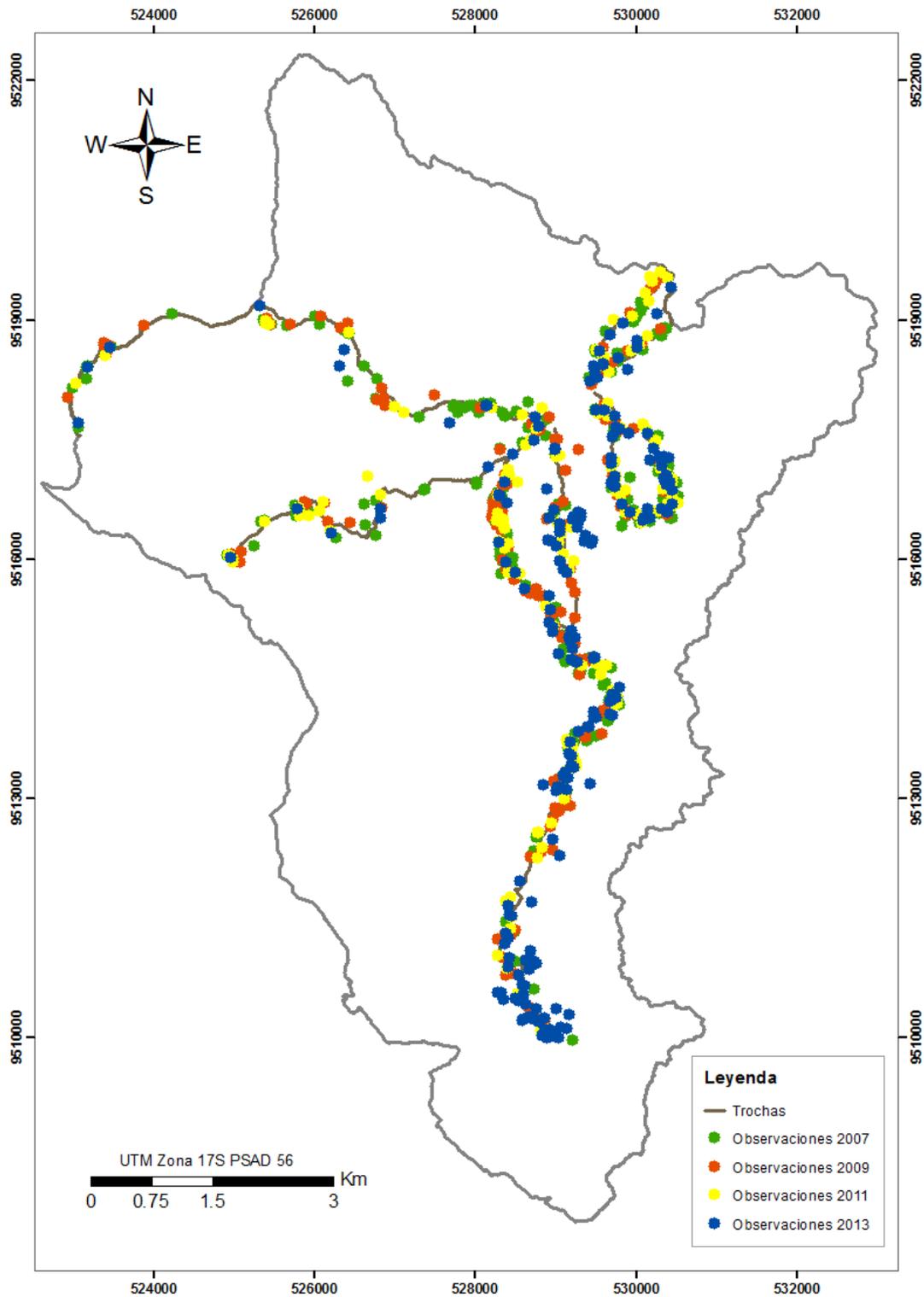


Figura 10: Mapa de venados observados en las seis trochas que fueron recorridas en los años de estudio 2007, 2009, 2011 y 2013

4.3 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS

El análisis de los histogramas de observaciones a intervalos de distancia de 10m dio luces sobre algunos errores en la metodología de toma de datos en campo. En el histograma del 2007 se puede observar un pronunciado pico de datos para el intervalo de distancia entre cero y nueve metros (Figura 11). Al analizar los datos se pudo observar que 19.58 por ciento de los datos observados se encontraban en el primer intervalo, el más cercano a la trocha. Al parecer la mayoría de estas observaciones no tuvieron el mismo tratamiento en cuanto a toma de datos en campo y procesamiento sino que se asumió que al observar al venado cerca a la trocha se redondeó la distancia a cero. Este error de redondeo es descrito en la bibliografía de *Distance* como un error típico que no permite un adecuado ajuste de los datos al modelo de detección. En los siguientes años de estudio, 2009, 2011 y 2013 también se observó una alta frecuencia de datos en el primer intervalo que corresponden a 28.88, 32.58 y 24.37 por ciento del total respectivamente (figura 12, 13 y 14).

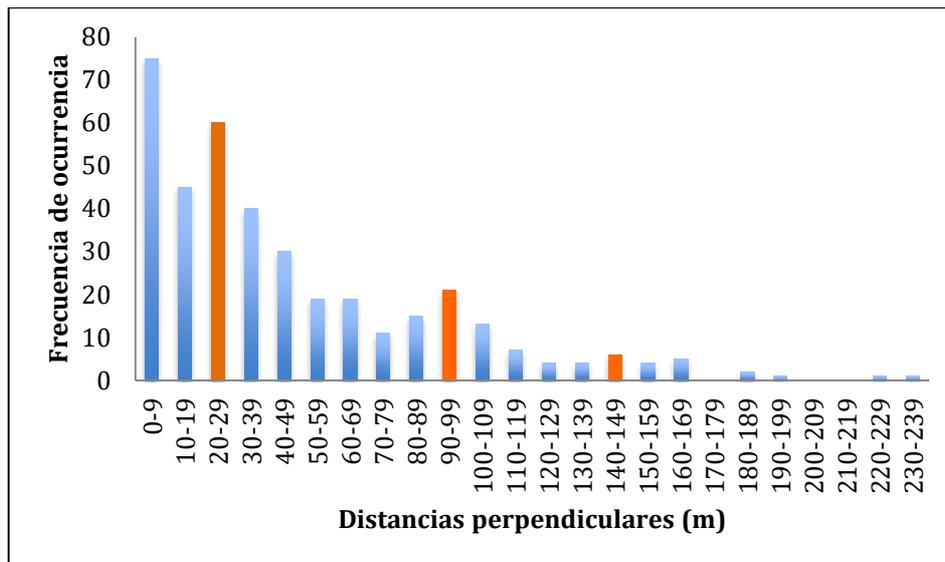


Figura 11: Gráfica de frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2007

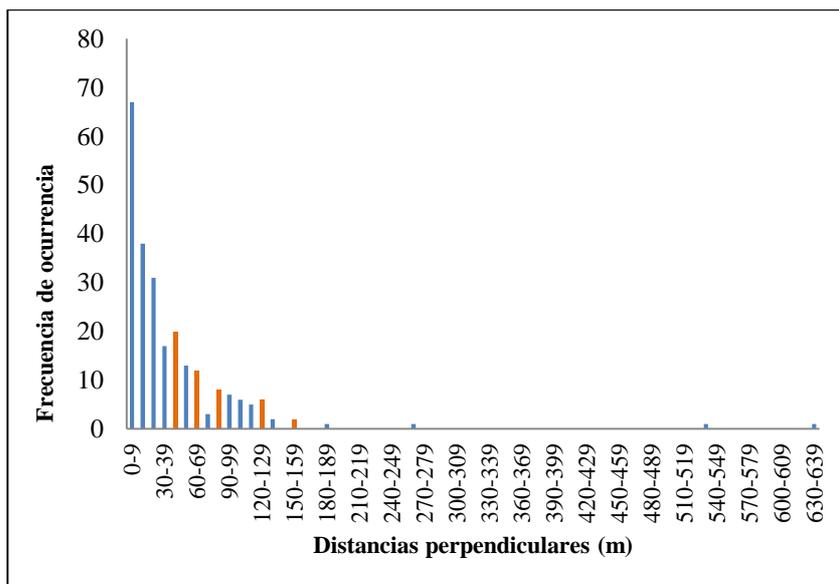


Figura 12: Frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2009

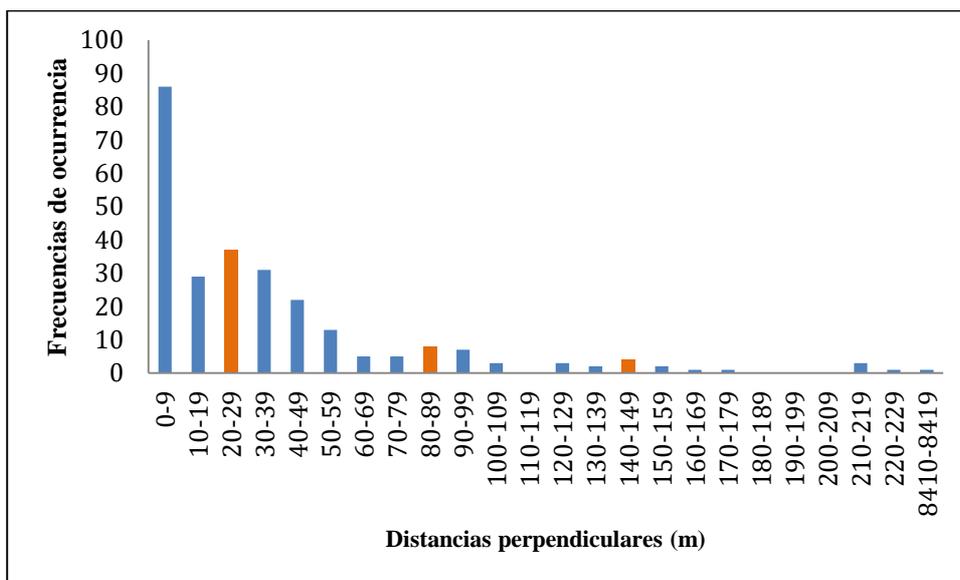


Figura 13: Frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2011

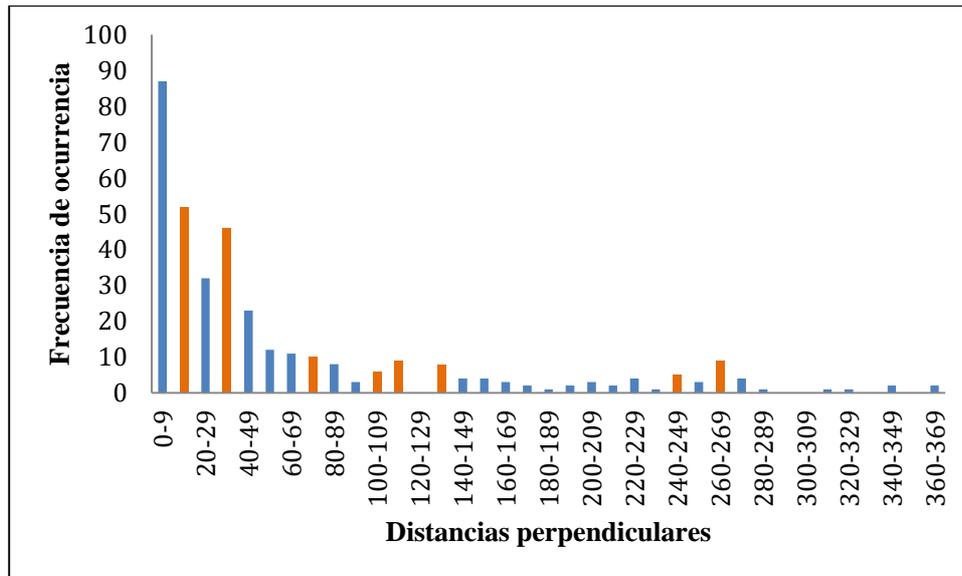


Figura 14: Frecuencia de Observaciones en intervalos de 10m para el muestreo realizado en el año 2013

Así también se observó que en todos los años de estudio la frecuencia de datos de distancia no mantenía una tendencia continua decreciente, en la cual una mayor distancia resultaba en una menor detección de animales. Las barras que presentan una mayor frecuencia de datos a mayor distancia han sido resaltadas de color naranja. Este patrón que se presenta en los diferentes años de estudio podría deberse a que el terreno es bastante accidentado y en algunos tramos donde se recorren cuchillas existe una mayor visibilidad a mayor distancia.

El gráfico de frecuencia de distancia también permitió observar los datos atípicos (outliers, en inglés) en cada año. En el 2009 se pudo observar datos a más de 500m, en el 2011 se observaron datos a más de 8,000m y en el 2013 también se presentaron datos a más de 300m. Los datos atípicos mencionados resaltan de la población muestreada y posiblemente se deban a un error en la toma de datos y manipulación de los instrumentos de campo. En general se observa que a más de 200m de distancia los datos son poco frecuentes y en algunos casos podrían tener el mismo origen de error.

4.4 MODELOS DE DETECCIÓN Y DENSIDAD POBLACIONAL

Se evaluaron seis modelos (función clave y serie de expansión) en *Distance* bajo cinco tratamientos descritos en el capítulo XX para los cuatro años de análisis (Tablas de resultados 6, 7, 8 y 9).

Los modelos seleccionados comparten el mismo tratamiento que es el corte al diez por ciento de los datos más distantes y en los cuales se eliminaron los datos con un valor de cero que se cree se debe a un error en el redondeo de la información.

En los modelos seleccionados para los datos del 2007, 2009 y 2011 se obtuvo una luz amarilla con un mensaje de alerta en *Distance*. El mensaje de alerta se refiere a que los parámetros del modelo están siendo restringidos para obtener una monotonía. Un mensaje de alerta es una observación de *Distance* a partir de los datos analizados. En este caso se espera a priori que la función de detección sea monótona es decir que la función de detección disminuya continuamente a mayor distancia. Sin embargo, hay casos en los que se observa que la detectabilidad a mayor distancia puede aumentar y luego disminuir y esto ya se había notado en los histogramas de frecuencia en el análisis exploratorio.

Se evaluaron los resultados de los diferentes modelos y tratamientos de corte (w) para cada año de estudio, y en base a los diferentes criterios anteriormente descritos en el capítulo IV, se trató de encontrar un balance entre el ajuste y la precisión. En los cuatro años de estudio los mejores resultados bajo este criterio lo obtuvieron diferentes modelos con el mismo tratamiento que fue el truncamiento a 10% de los datos de mayor distancia y eliminación de los datos con valor cero.

Se evaluaron los resultados de los diferentes modelos y tratamientos para el 2007 y se seleccionó el modelo con función half normal y la serie de expansión coseno. El corte del diez por ciento de los datos con mayor distancia fue, aproximadamente, a partir de 110m. Los resultados presentados en la Tabla 6 muestran un AIC de 2644.12 y Δ AIC de 11.17. Para tomar la decisión de selección del modelo se evaluó también la gráfica Q-q (ver Figura 15) que muestra un adecuado ajuste entre el modelo y los datos y es corroborado por la prueba de bondad de ajuste K-S que arrojó un valor de $p = 0.0753$ por lo que se aprueba la hipótesis nula. Es interesante notar que para los datos del 2007 el ancho efectivo de detectabilidad estimado por *Distance* fue de 61.18m.

El modelo seleccionado resultó en una densidad poblacional de 0.043 individuos por hectárea con un coeficiente de variación de 29.68 por ciento y una abundancia de 305 individuos para el área de estudio (Tabla 6). Es importante notar que el coeficiente de variación es relativamente alta para los diferentes modelos procesados bajo este tratamiento y denota una precisión baja para el estimado de densidad.

Se evaluaron los resultados de los diferentes modelos y tratamientos para el 2009 y se seleccionó el modelo con función Hazard rate y la serie de expansión cosine. El corte del diez por ciento de los datos con mayor distancia fue, aproximadamente, a partir de 100m. Los resultados presentados en la Tabla 7 muestran un AIC de 1594.07, Δ AIC de 0.00. Se evaluó también la gráfica Q-q en la Figura 16 que presenta mejor ajuste que la gráfica Q-q con el mismo corte a la derecha pero sin eliminar los valores de cero. Esto se corrobora en la prueba de bondad de ajuste K-S que obtuvo un valor $p = 0.3398$ por lo que se aprueba la hipótesis nula. Es interesante notar que para los datos del 2009 el ancho efectivo de detectabilidad estimado por *Distance* fue de 50.90m variando en diez metros del año anterior, por lo que podría haber habido mayor cobertura vegetal.

El modelo seleccionado resultó en una densidad poblacional de 0.043 ind/ha con un coeficiente de variación de 31.13 por ciento y una abundancia de 300 individuos para el área de estudio (Tabla 7). Es importante notar que el coeficiente de variación, la medida de precisión de los resultados, es relativamente alta para los diferentes modelos procesados bajo este tratamiento.

Se evaluaron los resultados de los diferentes modelos y tratamientos para el 2011 y se seleccionó el modelo con función Hazard rate y la serie de expansión cosine. El corte del diez por ciento de los datos con mayor distancia fue, aproximadamente, a partir de 90m. Los resultados presentados en la Tabla 8 muestran un AIC de 1610.28, Δ AIC de 0.00. Se evaluó también la gráfica Q-q en la Figura 17 que presenta mejor ajuste que la gráfica Q-q con el mismo corte a la derecha pero sin eliminar los valores de cero. Esto se corrobora en la prueba de bondad de ajuste K-S que obtuvo un valor $p = 0.7000$ por lo que se aprueba la hipótesis nula. Es interesante notar que para los datos del 2011 el ancho efectivo de detectabilidad estimado por *Distance* fue de 54.64m similar al del año anterior.

El modelo seleccionado resultó en una densidad poblacional de 0.034 ind/ha con un coeficiente de variación de 36.68 por ciento y una abundancia de 241 individuos para el área de estudio (Tabla 8). Es importante notar que el coeficiente de variación, la medida de precisión de los resultados, es relativamente alto para los diferentes modelos procesados bajo este tratamiento.

Se evaluaron los resultados de los diferentes modelos y tratamientos para el 2013 y se seleccionó el modelo con función Hazard rate y la serie de expansión cosine. El corte del diez por ciento de los datos con mayor distancia fue, aproximadamente, a partir de 210m. Los resultados presentados en la Tabla 9 muestran un AIC de 2583.88, Δ AIC de 0.00. Se evaluó también la gráfica Q-q en la Figura 18 que presenta mejor ajuste que la gráfica Q-q con el mismo corte a la derecha pero sin eliminar los valores de cero. Esto se corrobora en la prueba de bondad de ajuste K-S que obtuvo un valor $p = 0.7197$ por lo que se aprueba la hipótesis nula. Es interesante notar que para los datos del 2011 el ancho efectivo de detectabilidad estimado por *Distance* fue de 55.27m similar al del año anterior.

El modelo seleccionado resultó en una densidad poblacional de 0.056 ind/ha con un coeficiente de variación de 43.69 por ciento y una abundancia de 395 individuos para el área de estudio (Tabla 9). Es importante notar que el coeficiente de variación, la medida de precisión de los resultados, es relativamente alto para los diferentes modelos procesados bajo este tratamiento.

Tabla 6: Resultados modelos detección para el 2007

Modelo (Función + serie)	$w = \infty$					$w = 5\% \text{ data}$					$w = 10\% \text{ data}$				
	N. Parám.	Δ AIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	Δ AIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	Δ AIC	AIC	D	cv (%)
Uniform + cosine	5	24.44	3726.22	0.064	23.49	3	16.50	3401.72	0.070	24.85	3	0.00	3108.06	0.072	27.08
Uniform + polynomial	3	71.17	3772.95	0.042	22.99	4	1.88	3109.94	0.071	26.91	4	1.88	3109.94	0.071	26.91
Half normal + cosine	2	28.12	3729.91	0.065	23.94	3	16.72	3401.93	0.074	25.12	3	2.24	3110.30	0.069	27.31
Half normal + hermite	1	47.17	3748.96	0.048	23.06	1	37.14	3422.36	0.054	24.56	1	26.10	3134.16	0.055	26.46
Hazard rate + cosine	2	28.12	3729.91	0.065	23.94	2	25.33	3410.55	0.066	25.57	2	4.34	3112.40	0.082	28.50
Hazard rate + polynomial	4	18.45	3720.24	0.068	24.68	3	22.62	3407.83	0.082	26.80	2	4.34	3112.40	0.082	28.50
w = 5% trunc. Iza. 3m															
Modelo (Función + serie)	N. Parám.	Δ AIC	AIC	D	cv (%)										
Uniform + cosine	1	3.20	2927.82	0.042	27.05	2	1.11	2634.07	0.05	30.37					
Uniform + polynomial	2	6.14	2930.76	0.042	27.20	3	1.70	2634.66	0.05	30.23					
Half normal + cosine	2	0.27	2924.90	0.051	28.03	3	0.00	2632.95	0.05	32.05					
Half normal + hermite	1	1.59	2926.22	0.044	27.30	1	11.17	2644.12	0.04	29.68					
Hazard rate + cosine	2	0.00	2924.63	0.048	28.15	4	0.45	2633.40	0.05	33.83					
Hazard rate + polynomial	2	0.00	1500.63	0.048	33.13	5	1.17	2634.12	0.05	30.60					

Tabla 7: Resultados modelo detección para el 2009

Modelo (Función + serie)	$w = \infty$					$w = 5\% \text{ data}$					$w = 10\% \text{ data}$							
	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)			
Uniform + cosine	2	391.06	2678.98	0.012	24.94	5	0.00	2052.88	0.075	26.51	5	2.31	1878.69	0.083	28.63			
Uniform + polynomial	•					•					•	5	12.86	1889.24	0.067	28.11		
Half normal + cosine	•	1	91.73	2379.66	0.042	24.93	•	2	4.48	2057.36	0.063	25.97	•	4	0.00	1876.38	0.084	28.61
Half normal + hermite	•	3	36.77	2324.70	0.052	25.33	•	1	32.40	2085.28	0.047	25.63	•	1	24.96	1901.34	0.052	27.64
Hazard rate + cosine	•	3	0.00	2287.92	0.067	26.27	•					•						
Hazard rate + polynomial	•	2	6.18	2294.10	0.065	25.99	•					•						

Modelo (Función + ajuste)	$w = 5\% \text{ trunc. Izq. 0.3m}$					$w = 10\% \text{ trunc. Izq. 0.3m}$						
	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)		
Uniform + cosine	•	2	1.89	1762.21	0.040	27.59	•	2	0.70	1594.78	0.043	30.08
Uniform + polynomial	•	4	3.89	1764.20	0.043	27.75	•	3	2.15	1596.23	0.043	29.93
Half normal + cosine	•	2	1.28	1761.60	0.044	27.98	•	2	1.99	1596.06	0.045	30.66
Half normal + hermite	•	1	9.21	1769.52	0.035	27.24	•	1	3.22	1597.29	0.038	29.66
Hazard rate + cosine	•	2	0.00	1760.31	0.044	29.46	•	2	0.00	1594.07	0.043	31.13
Hazard rate + polynomial	•	2	0.00	1760.31	0.044	29.46	•	2	0.00	1594.07	0.043	31.13

Tabla 8: Resultados modelo detección para el 2011

Modelo (Función + serie)	$w = \infty$					$w = 5\% \text{ data}$					$w = 10\% \text{ data}$							
	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)			
Uniform + cosine	•	1	1832.19	4420.87	0.001	24.63	•	4	1.17	2213.80	0.064	27.69	•	2	0.00	2012.87	0.060	28.66
Uniform + polynomial	•					•	4	9.68	2222.31	0.054	27.37	•	3	2.67	2045.54	0.059	28.58	
Half normal + cosine	•	2	34.98	2623.66	0.025	25.19	•	2	0.00	2212.63	0.062	27.48	•	2	0.31	2013.19	0.066	28.95
Half normal + hermite	•	2	30.94	2619.61	0.025	25.19	•	1	25.95	2239.58	0.048	27.22	•	1	8.62	2021.49	0.055	28.49
Hazard rate + cosine	•	3	0.00	2588.68	0.028	24.77	•					•						
Hazard rate + polynomial	•	2	2.89	2591.57	0.028	24.75	•					•						

Modelo (Función + ajuste)	$w = 5\% \text{ trunc. Izq. 0.3m}$					$w = 10\% \text{ trunc. Izq. 0.3m}$						
	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)		
Uniform + cosine	•	2	3.36	1806.19	0.036	34.39	•	1	1.60	1611.89	0.036	36.15
Uniform + polynomial	•	4	6.21	1809.05	0.038	34.67	•	2	3.01	1613.29	0.036	36.45
Half normal + cosine	•	3	4.26	1807.10	0.035	35.67	•	1	2.67	1612.95	0.037	36.41
Half normal + hermite	•	1	8.61	1811.45	0.033	34.30	•	1	2.67	1612.95	0.037	36.41
Hazard rate + cosine	•	2	0.00	1802.84	0.034	34.89	•	2	0.00	1610.28	0.034	36.68
Hazard rate + polynomial	•	2	0.00	1802.84	0.034	34.89	•	2	0.00	1610.28	0.034	36.68

Tabla 9: Resultados modelo detección para el 2013

Modelo (Función + serie)	$w = \infty$					$w = 5\% \text{ data}$					$w = 10\% \text{ data}$							
	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)			
Uniform + cosine	•	5	28.06	3700.97	0.054	43.87	•	5	3.34	3372.47	0.067	42.52	•	5	7.37	3060.22	0.078	40.83
Uniform + polynomial	•					•	3	131.05	3500.19	0.036	42.39	•	4	48.21	3101.06	0.054	40.68	
Half normal + cosine	•	5	0.00	3672.91	0.064	43.89	•	5	0.00	3369.14	0.075	42.52	•	4	5.29	3139.75	0.079	40.84
Half normal + hermite	•	1	194.61	3867.52	0.032	43.75	•	1	157.41	3526.54	0.039	42.32	•	1	86.90	3058.14	0.049	40.61
Hazard rate + cosine	•					•						•	2	0.00	3052.85	0.100	41.67	
Hazard rate + polynomial	•					•						•						

Modelo (Función + ajuste)	$w = 5\% \text{ trunc. Izq. 3m}$					$w = 10\% \text{ trunc. Izq. 3m}$						
	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)	N. Parám.	ΔAIC	AIC	D	cv (%)		
Uniform + cosine	•	5	2.15	2883.63	0.056	45.12	•	4	1.48	2585.36	0.06	43.11
Uniform + polynomial	•	4	44.43	2925.61	0.037	44.91	•	5	7.84	2591.72	0.05	42.96
Half normal + cosine	•	4	3.08	2884.56	0.057	45.12	•	3	1.04	2584.93	0.06	43.11
Half normal + hermite	•	1	105.60	2987.08	0.031	44.81	•	1	45.54	2629.42	0.04	42.84
Hazard rate + cosine	•	3	0.18	2881.66	0.057	45.83	•	2	0	2583.88	0.06	43.69
Hazard rate + polynomial	•	3	0.00	2881.48	0.057	45.74	•	2	0	2583.88	0.06	43.69

Las figuras 15, 16, 17 y 18 muestran gráficas de Q-s que es una técnica para evaluar la bondad de ajuste en los datos. La primera gráfica en cada año muestra los resultados de un tratamiento sin truncar los valores a la izquierda, es decir los valores de cero producto de un redondeo en la toma de datos. La segunda gráfica en cada año muestra el resultado obtenido al truncar los valores de cero. Se puede observar que, en los cuatro años, no hubo un adecuado ajuste entre los datos (línea roja) y el valor el valor empírico (línea azul). Esto se comprueba con los valores de p obtenidos en la prueba K-S.

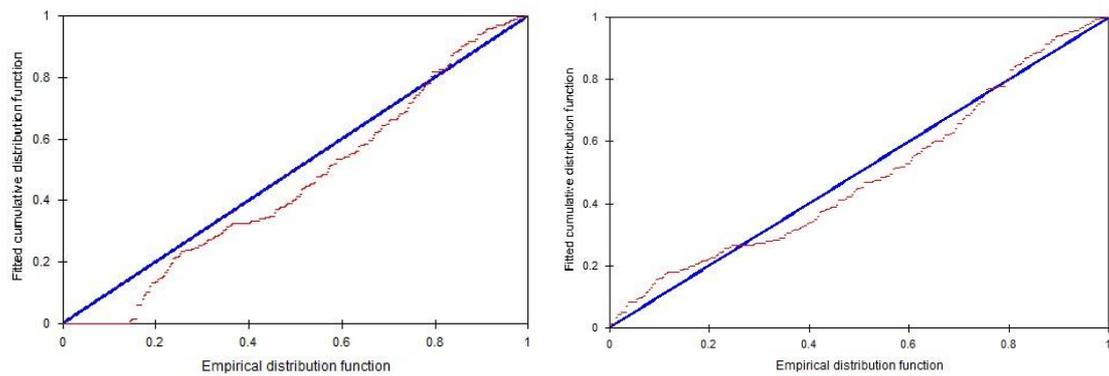


Figura 15: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2007

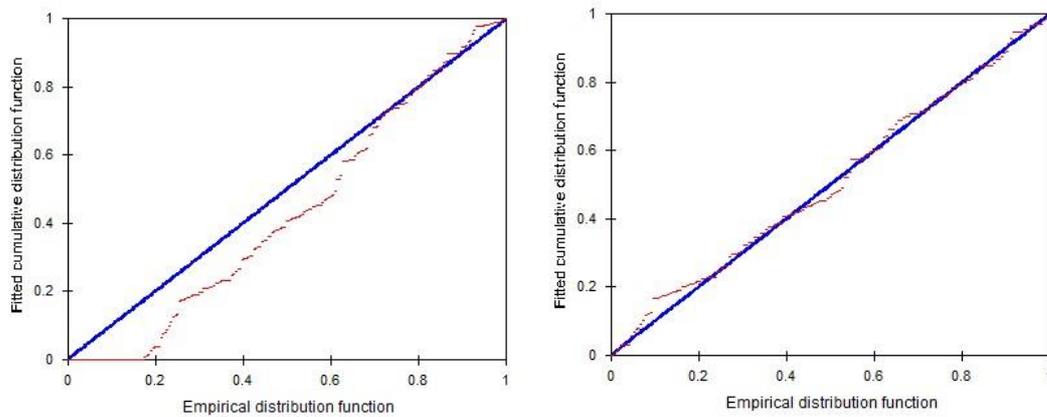


Figura 16: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2009

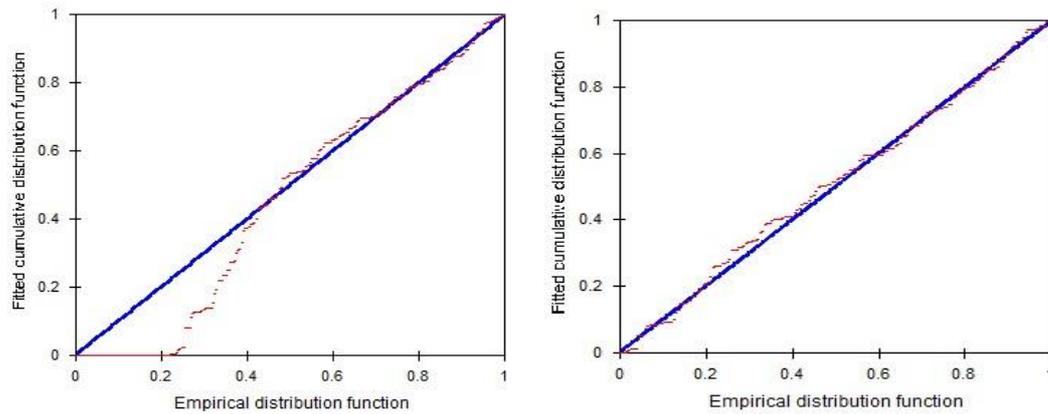


Figura 17: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2011

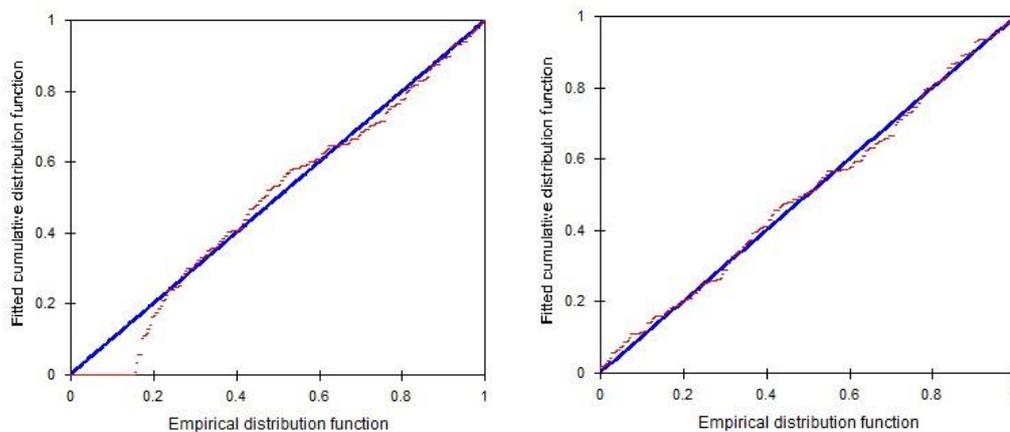


Figura 18: Gráficas Q-q para los datos del muestreo del 2013

Dentro de los modelos utilizados podemos notar que el primer modelo seleccionado es Half normal mientras que los otros tres son Hazard rate. Es importante notar que la función Hazard rate usa más parámetros para ajustar la función de detección y como consecuencia es capaz de ajustar un mayor universo de formas de datos. Sin embargo, el costo de tener mayor flexibilidad es que la información valiosa se esparce a través de un mayor número de parámetros y por lo tanto estima estos parámetros con menor precisión. Esto se puede notar en los resultados del análisis, en los que el coeficiente de variación es mayor para los modelos con función Hazard rate.

Tabla 10: Modelos seleccionados y resultados para densidad poblacional y abundancia anual

Año	Función	Serie	CIA	Δ CIA	Parámetros	CV(%)	Densidad (IC 95%)	Abundancia (IC 95%)
2007	Half Normal	Cosine	2644.12	11.17	1	29.68	0.043 (0.021-0.090)	305.00 (146.00-636.00)
2009	Hazard Rate	Cosine	1594.07	0.00	2	31.13	0.043 (0.020-0.088)	300.00 (144.00-621.00)
2011	Hazard Rate	Cosine	1610.28	0.00	2	36.68	0.034 (0.014- 0.083)	241.00 (99.00-589.00)
2013	Hazard Rate	Cosine	2583.88	0.00	2	43.69	0.056 (0.019- 0.159)	395 (139.00-1126.00)

Se compararon los estimados de densidad poblacional del venado cola blanca obtenidos por los alumnos de la Maestría de CRF-UNALM a través de un gráfico de barras mostrando los límites superiores e inferiores (Figura 19). La tendencia de los estimados en el caso de los alumnos es a incrementar en los cuatro años de estudio mientras que el estimado de la presente tesis muestra los primeros dos años bastante similares y luego una disminución en el 2011. Esta disminución en la densidad podría explicarse a la infección de necrobacilosis que atacó a los venados del CCEA ese mismo año, encontrándose más de 64 cadáveres. Tanto 2010 como 2011 fueron años secos y por lo tanto hubo poco alimento y mayor concentración de bacterias provenientes del ganado vacuno que incrementaron su concentración en los cuerpos de agua donde beben tanto el ganado como los animales silvestres⁶.

En el 2013, el estimado de densidad por parte de la tesis se recupera considerablemente, pero la variabilidad en los datos aumenta.

Las diferencias que existen entre los estimados provenientes de los ejercicios de campo de alumnos de la Maestría y de esta tesis tienen varias posibles explicaciones. Entre estas se encuentran las ediciones de puntos de observación y de trochas resultando en un diferente número de observaciones y esfuerzo de muestreo; diferentes metodologías empleadas para calcular la distancia perpendicular, al igual que el sesgo producido por diferentes observadores y los diferentes valores de truncamiento.

⁶ Vásquez (2015). Comunicación Personal

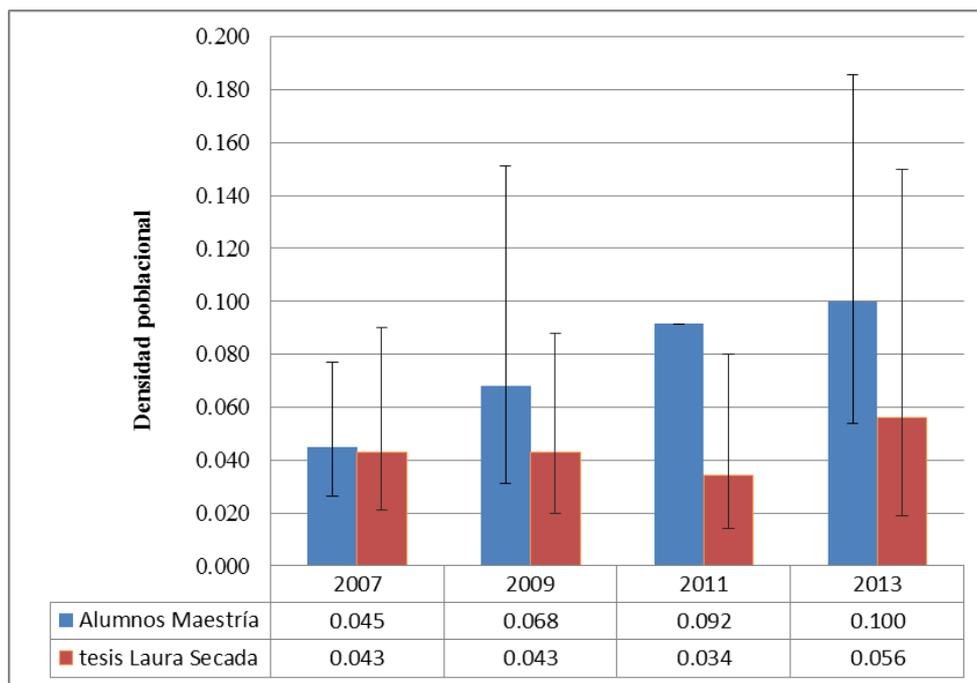


Figura 19: Comparación de la densidad poblacional estimada por los alumnos de la Maestría de CRF – UNALM y el análisis realizado en la presente tesis

4.5 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE MUESTREO

A partir de la clasificación preliminar de vegetación⁷ para el área de estudio, se establecieron seis estratos mostrados en el mapa de la Figura 20 y a continuación se listan con su respectivo porcentaje de ocupación dentro del área de estudio: estrato A. Bosque de colinas medias denso (27%), B Bosque de colinas medias semi denso (28%), C Bosque de lomadas abierto (8%), D Bosque de montañas (14%), E. Bosque húmedo de colinas (15%) y F. Bosque ribereño (8%).

⁷ Vásquez (2015) Comunicación Personal

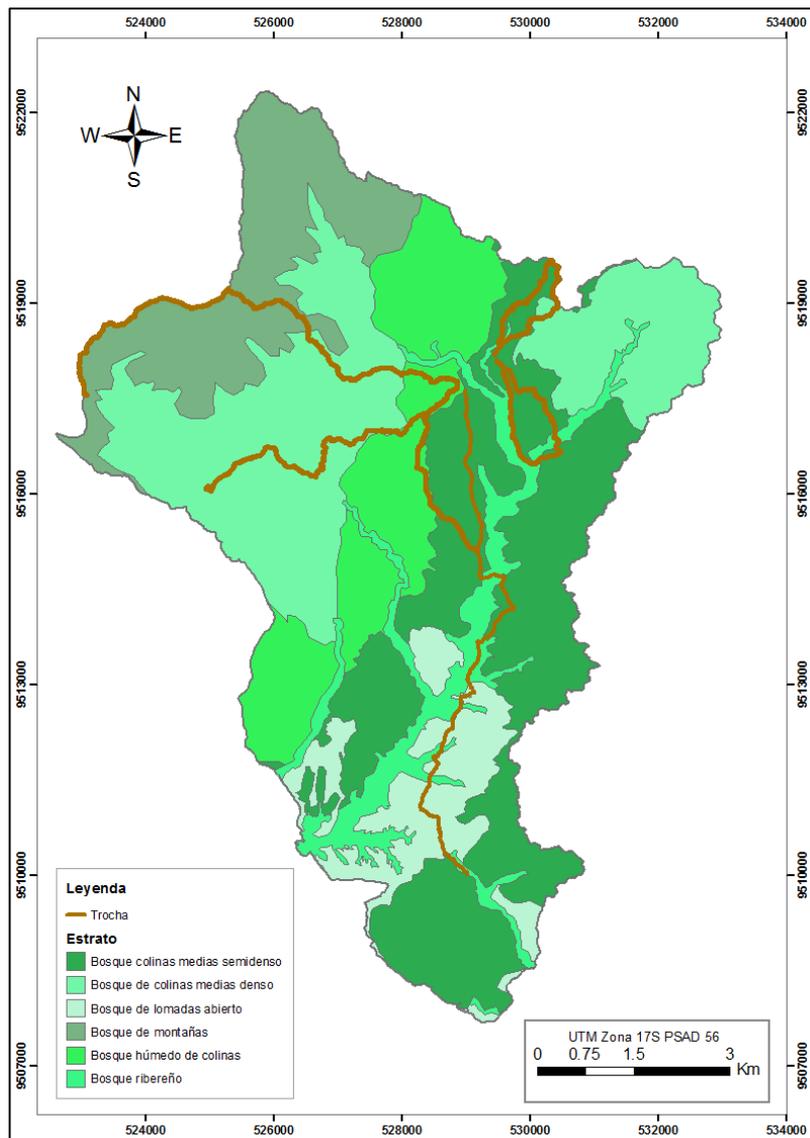


Figura 20: Mapa de estratificación del área de estudio en base a la clasificación de la imagen RapidEye 2010

FUENTE: Elaboración a partir del mapa de Vásquez (2010) (no publicado)

En la Tabla 11 se muestran los resultados del análisis de asignación proporcional de esfuerzo de muestreo en cada estrato de vegetación. Primero se calculó el área y el porcentaje de ocupación de cada estrato en el área de estudio. Luego se calculó la distancia que ocupa cada trocha por estrato y la distancia total que se recorre en cada estrato. Por último se calculó la distancia proporcional que se debería recorrer en cada trocha en base al porcentaje de ocupación dentro del área de estudio y se halló la diferencia entre éste y la distancia recorrida. La última columna de la tabla se resaltan los estratos en los que se requiere recorrer más distancia con un símbolo negativo y los estratos en los que se recorre más distancia en positivo.

Tabla 11: Resultados del análisis de asignación proporcional de esfuerzo de muestreo en para cada estrato de vegetación.

Estrato	Tipo de vegetación	Área	Porcentaje (%)	Área Total (Ha)	Longitud trochas por tipo estrato (km)						Longitud Total (km)	Longitud proporcional (km)	Diferencia
					Angolito	Botella	Ceibos	Charán	Lodazal	Macanche			
A	Bosque de colinas medias denso	1876.87	27.00	7043.67				21.92	5.05	46.49	73.46	95.29	-21.83
B	Bosque de colinas medias semi denso	1987.95	28.00	7043.67	45.90	13.41	31.24			37.63	128.18	98.82	29.36
C	Bosque de lomadas abierto	572.17	8.00	7043.67	26.10						26.10	28.23	-2.13
D	Bosque de montañas	991.06	14.00	7043.67				54.89			54.89	49.41	5.48
E	Bosque húmedo de Colinas	1052.54	15.00	7043.67		14.90		9.61		14.66	39.17	52.94	-13.77
F	Bosque ribereño	565.12	8.00	7043.67	25.93		12.74		0.67		39.34	28.23	11.11
					97.94	28.30	43.98	86.43	43.35	61.14	361.14	352.92	

A continuación se estimó la longitud total (L) que debería recorrerse en base a los datos obtenidos de los ejercicios de campo en los cuatro años de estudio (Figura 10).

Es en base a la tasa de detección anual, que es la distancia a recorrer y el tamaño de muestra en base a la ecuación anteriormente presentada (Figura 21) y debajo con los resultados obtenidos. Donde en base a los la tasa de detección que es la distancia total recorrida o esfuerzo de muestreo por observaciones en base a la distancia total por observaciones multiplicado por el factor de expansión b entre el coeficiente de variación esperado que según las recomendaciones es 10% (Bolen y Robinson 2003).

La longitud total recomendada está sujeta a la tasa de detección anual que en muchos casos se ve afectada por la cobertura de vegetación y está por la época húmeda que podría adelantarse o atrasarse y permitir mayor o menor visibilidad.

Se observa que las mayores diferencias se encuentran en los estratos de bosques de colinas medias denso donde se recorre 21 km menos y en el bosque de colinas medias semi denso donde se recorre 29km más de la asignación proporcional estimada.

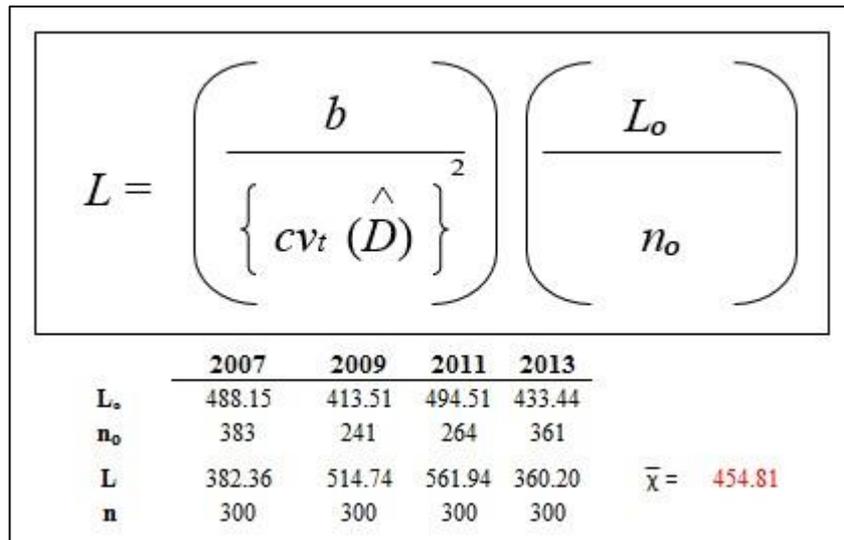


Figura 21: Ecuación para estimar longitud total a recorrer en base a una precisión de CV10% y una tasa de detección que varía año a año. Los resultados para cada año de estudio son presentados debajo así como el promedio para los cuatro años.

Es importante notar que la longitud total estimada L en base a la ecuación de la Figura 21 es variable dependiendo del esfuerzo de muestreo anual y el número de detecciones. En los años 2007 y 2013 se ha superado la distancia total estimada así como el número de observaciones mientras que en los años 2009 y 2011 esto no se cumplió.

Un tema importante que ha sido descrito en el capítulo IV es la importancia del establecimiento aleatorio de los transectos y se asume antes de procesar los datos en *Distance*. Las seis trochas del CCEA para estimar densidad poblacional no han sido ubicadas de forma aleatoria. Estas son las mismas que usan los cazadores y responden a una ubicación de fácil accesibilidad y que recorren accidentes geográficos como cuchillas y quebradas en las que podría facilitarse el avistamiento del venado cola blanca para propósito de la actividad cinegética. Mientras que en un estudio de densidad poblacional se espera que el diseño de muestreo sea aleatorio y no haya subjetividad.

Si bien el sistema de trochas de cacería del CCEA es mucho más amplio y es recorrido muchas veces al año, no se podría afirmar que los venados no están evitando atravesarlo y por lo tanto producir sesgos a los resultados de los ejercicios.

Es importante también mencionar que el comportamiento de los observadores en este caso del guía y de los alumnos es extremadamente importante para los resultados del estudio. Si bien el guía puede ser un profesional experimentado en detectar al animal, el comportamiento de los estudiantes que hacen parte del ejercicio puede afectar la detectabilidad no sólo en relación con el número de individuos detectados sino también a la calidad de la información tomada.

V. CONCLUSIONES

1. *Distance* es una herramienta de modelamiento que parte del supuesto que la información de insumo ha sido correctamente recolectada y procesada y que responde a un adecuado diseño de muestreo.
2. La herramienta diseñada para estimar la distancia perpendicular en ArcGis permite estandarizar el procedimiento y facilita el posterior análisis espacial y producción de salidas cartográficas ya que se realiza directamente en un entorno de sistema de información geográfica.
3. El análisis exploratorio dio luces de problemas en la toma de datos tales como el redondeo de los valores de distancia en animales cerca a la trocha, outliers y picos de frecuencia de datos a mayor distancia.
4. El tratamiento en *Distance* que produjo el mejor ajuste entre el modelo y los datos, el de menor AIC, fue aquel que incluye un truncamiento de los datos a partir del 10 por ciento así como el descarte de los datos con valor cero producto de un redondeo. Es así que en los cuatro años de análisis los modelos con AIC más bajo corresponden al tratamiento mencionado. Esto también fue comprobado a través de la prueba de bondad de ajuste que muestran un $p > 0.05$.
5. El análisis de asignación proporcional de longitud por estrato identificó los estratos que presentaban un mayor o menor recorrido de lo estimado proporcionalmente. Los estratos que resaltaron fueron los bosques de colinas medias denso donde se recorre 21 km menos y en el bosque de colinas medias semi denso donde se recorre 29km más de la asignación proporcional estimada.
6. El estimado de esfuerzo de muestreo y tamaño de muestra en base a los ejercicios analizados en el 2007, 2009, 2011 y 2013 indicó diferentes valores en base a la distancia recorrida y número de observaciones. En el 2007 y 2013 se recorrió longitudes superiores al resultado y hubo un mayor número de avistamientos.

VI. RECOMENDACIONES

1. Es importante continuar con la investigación en relación a la ecología de la especie cinegética para tomar decisiones informadas de manejo.
2. Se recomienda realizar un diseño de muestreo para estimar la densidad poblacional del venado, definir la precisión con la que se requiere la información; estimar un adecuado tamaño de muestra y esfuerzo de muestreo y contemplar principios de aleatoriedad, replicación.
3. El diseño de muestreo debe evaluar la posibilidad de realizar una nueva estratificación cuando se tenga listo un nuevo mapa de vegetación (Vásquez y Vásquez, en preparación) y se considere la vasta experiencia en campo e investigaciones previas en relación al uso del hábitat para evaluar asignar pesos a los estratos.
4. Es de suma importancia estandarizar los procesos en cuanto a la toma de datos en campo y posterior análisis para lo cual se completen el mismo formato de llenado de datos que incluya la información en campo y gabinete. Esto permitirá que se pueda acceder a una sola fuente de información en caso se quiera revisar y analizar.
5. Los venados cola blanca generalmente son individuos solitarios y en ocasiones se encuentran madres con crías o en grupos pequeños posiblemente debido a fuente de alimento o agua. Dado que no se encuentran en configuraciones espaciales bien definidas, se recomienda tomar los datos en campo para cada individuo y procesarlos como individuos solitarios en *Distance*.
6. Se recomienda que las trochas recorridas o los nuevos transectos producto de un diseño de muestreo aleatorio, sean digitalizadas en una imagen satélite reciente y los tracks sean editados y almacenados después de cada recorrido. De esta manera se podrá estimar con precisión la distancia perpendicular, insumo clave para el desarrollo de un modelo de detección robusto y posterior estimación de la densidad poblacional.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bodmer, R; Puertas, P; Antúnez, M; Fang, T; Grocio Gil, J. 2012. Monitoreo de fauna silvestre e implicancias del impacto de fluctuaciones climáticas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria.

Bolen, EG; Robinson, WL. 2003. Wildlife Ecology and Management. quinta edi New Jersey, Pearson Education, Inc, 4-5 p.

Brack A, Ríos M, Reyes F. 1973. Evaluación y bases para el establecimiento de un coto de caza y un parque nacional en la cordillera de los Amotapes (PiuraTumbes). Lima: Ministerio de Agricultura DGFF.

Buckland, S; Anderson, D; Burnham, K; Laake, J; Borchers, D; Thomas, L. . 2001. Index. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations 2001: 441-446.

_____. 2001. Statistical theory. Introduction to distance sampling: estimating abundance of biological populations 2001: 52-103.

Buckland, ST; Anderson, DR; Burnham, KP; Laake, JL. . 1993. Distance Sampling - Study Design and Field Methods. Distance sampling: estimating the abundance of biological populations. 1993: 295-349.

Buckland, ST; Plumptre, AJ; Thomas, L; Rexstad, E a. 2010. Line transect sampling of primates: Can animal-to-observer distance methods work? International Journal of Primatology 31(3): 485-499.

Burnham, KP; Anderson, DR; Laake, JL. . 1980. Estimation of density from line transect sampling of biological populations. s.l., Wildlife Monographs, 1-202 p.

CCPT-P 2015: Plan de manejo cinegético del venado cola blanca (*Odocoileus virginianus* Zimmermann, 1780) en Sauce Grande. Informe técnico. 16-30 p.

Former, MJS; Armstrong, B. . 1999. Deer Census Techniques. Wildlife Management Handbook no.1: 1-3.

Fulbright, TE; Ortega-S, JA. . 2007. Ecología y manejo de venado cola blanca. s.l., Texas A&M University Press, 5, 6, 13 p.

Gallina, S; Arevalo, LH. . 2008. *Odocoileus virginianus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2015.2. <www.iucnredlist.org>. Consultado 13 jul. 2015. Disponible en <http://www.iucnredlist.org/details/42394/0>

Gray, 1874. Plan de manejo del venado cola blanca *Oidocoileus virginianus peruvianus* (2015, s.l.). 2015. Ed. CCPTP. . s.l.,

Hiby, L; Krishna, MB. . 2001. Line transect sampling from a curving path. *Biometrics* 57: 727-731.

Mills, LS. 2007. Conservation of wildlife populations. Demography, genetics and management. s.l., Blackwell Publishing, 59-73 p.

Organ, J.F., V. Geist, S.P. Mahoney, S. Williams, P.R. Krausman, G.R. Batcheller, T.A. Decker, R. Carmichael, P. Nanjappa, R. Regan, R.A. Medellin, R. Cantu, R.E. McCabe, S. Craven, G.M. Vecellio, and D.J. Decker. 2012. The North American Model of Wildlife Conservation. The Wildlife Society Technical Review 12-04. The Wildlife Society, Bethesda, Maryland, USA

Perez Peña, Pedro & Gonzales, Cristian & TRIGOSO-PINEDO, Marcial. 2016. Evaluación del plan de manejo de animales de caza en la reserva nacional Pucacuro. *Folia Amazónica*. 25. 1. 10.24841/fa.v25i1.377.

Quevedo Cortez, LJ. . 2014. Densidad Poblacional de *Odocoileus virginianus* «venado cola blanca» Zimmermann (1780) en el Sector norte del Coto de Caza “El Angolo (CCEA). s.l., Universidad Nacional de Piura Facultad de Ciencias. 35 p.

Teer, J. G., J. W. Thomas y E. A. Walker. 1965. Ecology and Management of white-tailed deer in the Llano Basin of Texas. *Wildlife Monographs* 15.

Thomas L, Buckland ST, Rexstad EA, Laake JL, Strindberg S, Hedley SL, et al. 2010. Distance software: design and analysis of distance sampling surveys for estimating population size. *J Appl Ecol.* 47: 5-14.

Vasquez, P; Burneo, F; Canziani, E; Rios, J. . 2007. Guía de campo para el reconocimiento de las plantas silvestres en la alimentación del venado cola blanca Coto de Caza el Angolo-Piura. La Molina, Centro de Datos para la Conservación - Universidad Nacional Agraria la Molina, 154 p. p.

Vásquez, P; Arribas, M. 2012. Los primeros cinco años: Reporte del primer quinquenio del contrato de administración parcial del Coto de Caza El Angolo, Piura. Lima.

Vaughan, C; Rodríguez, M. A. 1997. Ecología y Manejo del Venado Cola Blanca en México y Costa Rica, eds. Heredia, Costa Rica, Universidad Nacional.

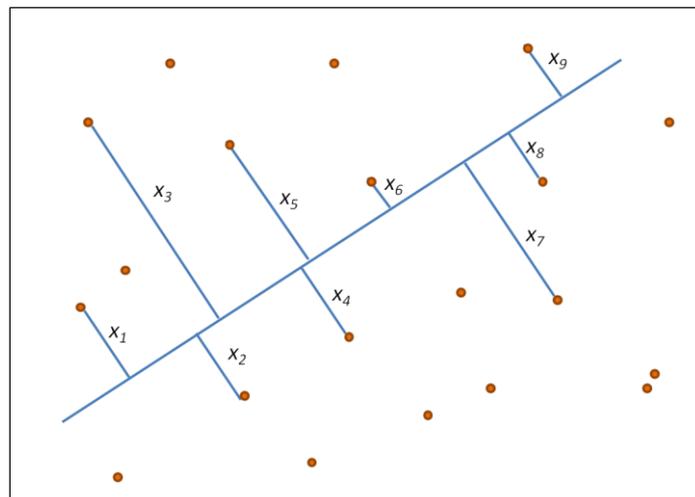
VIII. ANEXOS

Anexo 1 Protocolo para la estimación de la densidad poblacional del venado cola blanca en el Sector Sauce Grande del Coto de Caza El Angolo.

Introducción al muestreo por distancia

Levantar información de toda el área de estudio demanda mucho tiempo, es muy costoso y en algunos casos zonas difícil acceder. El muestreo permite obtener información del lugar de estudio a través de una muestra representativa de la dentro del área de estudio. Una técnica de estimación de densidad poblacional es la de muestreo por distancia a través del uso de transectos.

El muestreo por distancia considera que hay N objetos distribuidos por un proceso espacial estocástico en un área A . Se establecen líneas en el área y se mide la distancia (x) de los objetos a la línea (Figura 1). La teoría detrás de este enfoque establece que posiblemente algunos de los objetos no sean detectados. Además también existe una tendencia a que la detectabilidad disminuya conforme la distancia incrementa desde la línea de observación.



1. Esquema del muestreo por distancia a partir de un transecto ubicado de manera aleatoria a partir del cual se miden las distancias perpendiculares desde la línea al objeto (x) detectado

FUENTE: Adaptado de Buckland et al. 1980, 2001.

Objetivo

Establecer un procedimiento estandarizado de toma de datos durante el recorrido del transecto en campo, el cálculo de la distancia perpendicular en gabinete y el posterior análisis de los datos en el software *DistanceDistance*.

Equipos y materiales

- Libretas de campo
- GPS GARMIN, modelos: 60CSx y 62s (Configurados para coordenadas UTM zona 17 con datum PDSA 1956)
- Brújulas SUUNTO, modelos: KB 14/D
- Distanciómetros BUSHNELL, modelo: YARDAGE PRO 1000.
- Binoculares BUSHNELL, modelos: 7x50.
- Laptops
- *Software*: MapSource (versión 6.8.0), ArcView (versión 3.3), *DistanceDistance* (versión 6.0), Microsoft office 2007.
-

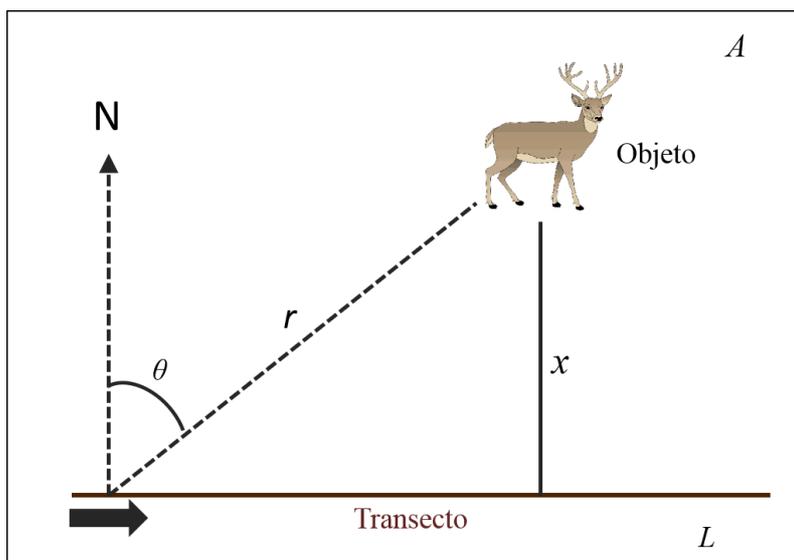


2. Equipos y materiales básicos necesarios para realizar mediciones en campo.

Colecta de información en campo

Se recorren los transectos y se registra principalmente la distancia de avistamiento (r) y el ángulo de avistamiento (θ) o azimuth. La distancia de avistamiento se mide con un distanciómetro láser desde la trocha hacia cada uno de los individuos observados. El ángulo de avistamiento se mide con una brújula desde el norte magnético hacia el venado (Figura

2). En la siguiente sección se describe el formato de llenado de información que involucra otros datos como sexo y estado del animal así como información de ubicación entre otros.



3. En un área A , se recorrió un único transecto de largo L en el cual la distancia de avistamiento r fue medida así como el ángulo de avistamiento con respecto al norte magnético θ y posteriormente se calculó en gabinete la distancia perpendicular x del objeto al transecto.

Formato de libreta y base de datos

Los siguientes campos serán completados en la libreta de campo mientras se observan al animal a excepción de la distancia perpendicular que se calcula en gabinete.

N: Número correlativo de registros en la base de datos de venados del CCEA

WAYPOINT: código generado por GPS que es único para cada individuo

HORA: en formato de 24 horas (por ejemplo: 13:10)

HORARIO: Recorrido de mañana o tarde (Por ejemplo AM/PM)

LON_X: Coordenadas de longitud del punto de ubicación del observador sobre la trocha que ha sido registrada por el GPS y descargadas a través del software mapsource.

LAT_Y: Coordenadas de latitud del punto de ubicación del observador sobre la trocha que ha sido registrada por el GPS y descargadas a través del software mapsource.

ANG: Angulo de avistamiento con respecto al norte magnético (azimut) el cual ha sido medido con una brújula (ver Figura 3)

DIST_A: Distancia del observador al objeto de estudio medida con un distanciómetro laser.

SX: Sexo del individuo avistado (macho, hembra, nd)

EST: Estadío del individuo observado (adulto, juvenil, cría)

DIST_P: Distancia más cercana del venado a la trocha calculada con el modelbuilder. Este es el único campo que se procesa en gabinete.

OBS: Se anota cualquier observación e irregularidad en relación al registro.

Cálculo de distancia perpendicular

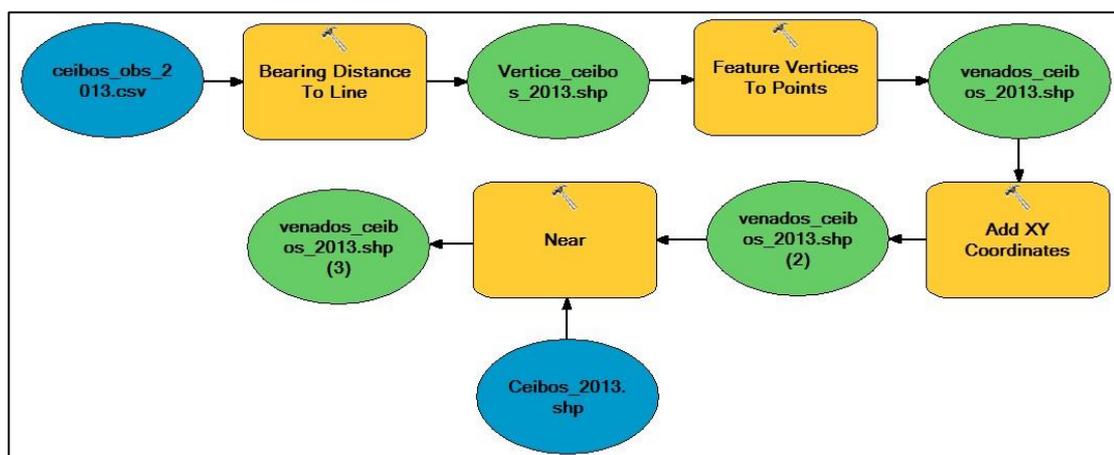
El modelo de cálculo de distancia diseñando en el ModelBuilder del Arcgis 10.2 consiste de cuatro pasos (nótese el martillo en cada casilla) ilustrados en la Figura 4.

En el primer paso a través de la herramienta *Bearing Distance To Line* a partir de las coordenadas x, y del observador, la distancia y ángulo de avistamiento, se calcula el punto de ubicación del venado y se construye un vértice entre el observador y el venado.

En un segundo paso, en el extremo del vértice se crea el punto de ubicación del venado en formato shapefile con la herramienta *Feature Vertices to Points*.

En el tercer paso se añaden las coordenadas de ubicación del venado en el shapefile a través de la herramienta *Add XY Coordinates*.

Por último en el cuarto paso se calcula la distancia más cercana (perpendicular) a partir del shapefile del venado y el de la trocha correspondiente mediante la herramienta *Near*. El shapefile resultante contiene información en su tabla de atributos del identificador único por registro (ID), coordenadas iniciales del observador, el ángulo y distancia de avistamiento, y la distancia más cercana entre el venado y la trocha. Se considera importante que el shapefile resultante almacene toda esta información para poder realizar una revisión adecuada del proceso relacionando todas las fuentes de información.



4. Mapa de procesos para la estimación de la distancia perpendicular en la aplicación ModelBuilder de Arcgis.

Análisis en Distance

Formato de entrada a Distance

Es importante ordenar los datos en una hoja de Excel en formato txt o csv para ser importado a *Distance*. *Distance* trabaja en base a un orden jerárquico de información. El primer nivel es la región, el segundo es el estrato, el tercero es el transecto y el cuarto y último es la distancia.

En el caso del CCEA hasta el análisis del 2014 se tiene solo un estrato que representa a toda el área de estudio. Luego está el área del estrato así que en base al cálculo en SIG se establece el área. El siguiente es el largo de cada transecto y por último la distancia.

El largo del transecto en este caso corresponde al esfuerzo de muestreo que es la longitud del transecto en kilómetros por el número de días recorridos por las veces que se recorren cada día.

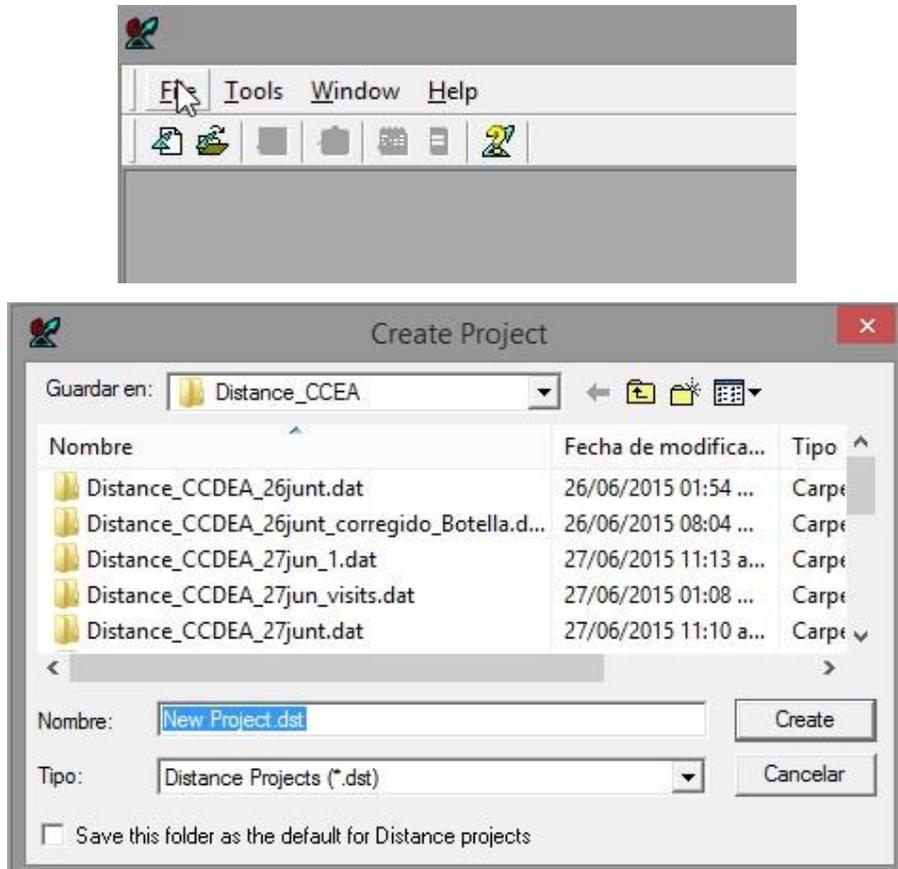
La información se ordena por transecto antes de ser importada a *Distance*, de lo contrario el programa asume que hay más transectos de los que realmente existen.

1. Ejemplo de tabla de entrada para *Distance*

stratum	stratum_area	transect_name	transect_length	distance
AE_2015	7043.67	angolito	135.80	17.77
AE_2015	7043.67	angolito	135.80	20.19
AE_2015	7043.67	angolito	135.80	21.61
AE_2015	7043.67	angolito	135.80	21.61
AE_2015	7043.67	Botella	35.84	21.61
AE_2015	7043.67	Botella	35.84	21.61
AE_2015	7043.67	Botella	35.84	23.22
AE_2015	7043.67	Ceibos	60.24	23.99
AE_2015	7043.67	Ceibos	60.24	14.00
AE_2015	7043.67	Ceibos	60.24	14.87
AE_2015	7043.67	Charan	116.26	15.89
AE_2015	7043.67	Charan	116.26	0.95
AE_2015	7043.67	Charan	116.26	7.73
AE_2015	7043.67	Charan	116.26	10.69
AE_2015	7043.67	Charan	116.26	14.07
AE_2015	7043.67	Lodazal	57.55	9.81
AE_2015	7043.67	Lodazal	57.55	12.79
AE_2015	7043.67	Lodazal	57.55	16.73
AE_2015	7043.67	Lodazal	57.55	16.73
AE_2015	7043.67	Lodazal	57.55	16.84
AE_2015	7043.67	Lodazal	57.55	17.58
AE_2015	7043.67	Lodazal	57.55	18.33
AE_2015	7043.67	Macanche	82.46	46.85
AE_2015	7043.67	Macanche	82.46	55.85
AE_2015	7043.67	Macanche	82.46	61.13
AE_2015	7043.67	Macanche	82.46	61.13
AE_2015	7043.67	Macanche	82.46	87.60
AE_2015	7043.67	Macanche	82.46	91.27
AE_2015	7043.67	Macanche	82.46	91.27

Establecimiento del proyecto en Distance

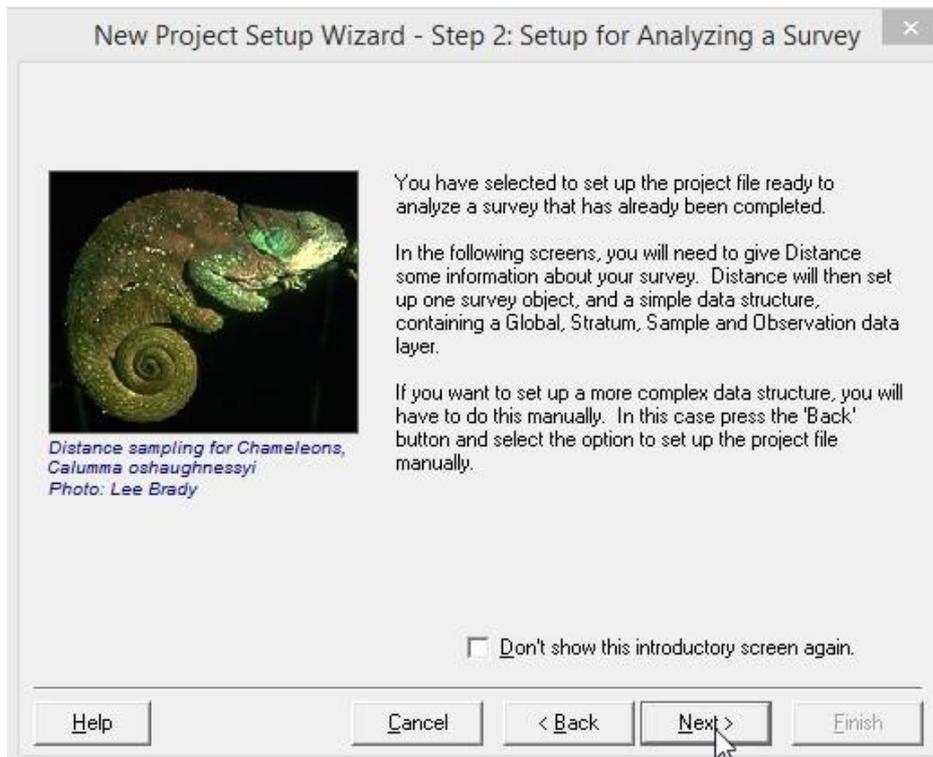
1. Se crea un proyecto en *Distance* en el cual se almacenarán los datos y los análisis que se trabajen.



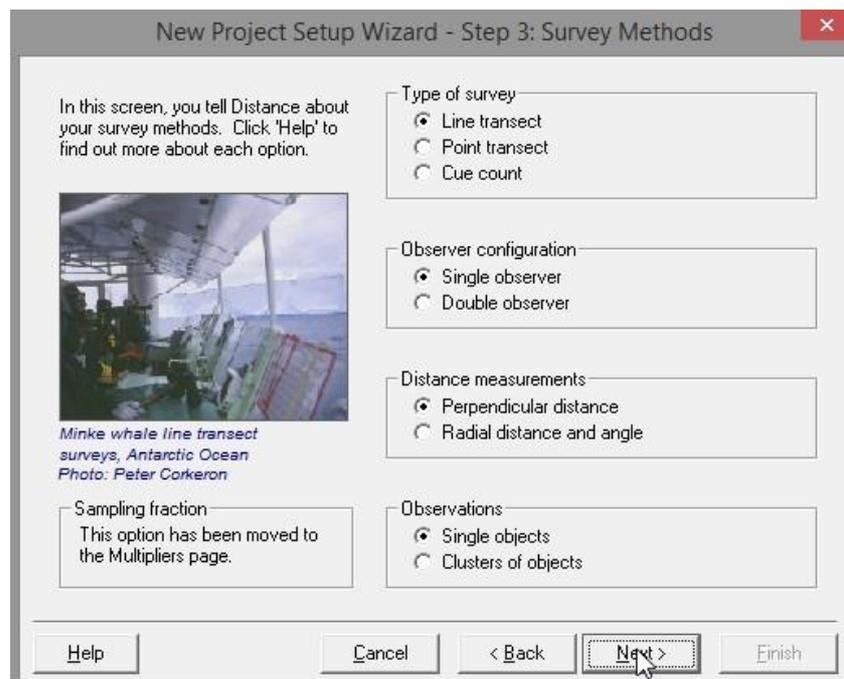
2. Se establece las características del proyecto. Se marca la primera opción de análisis de un muestreo que ha terminado



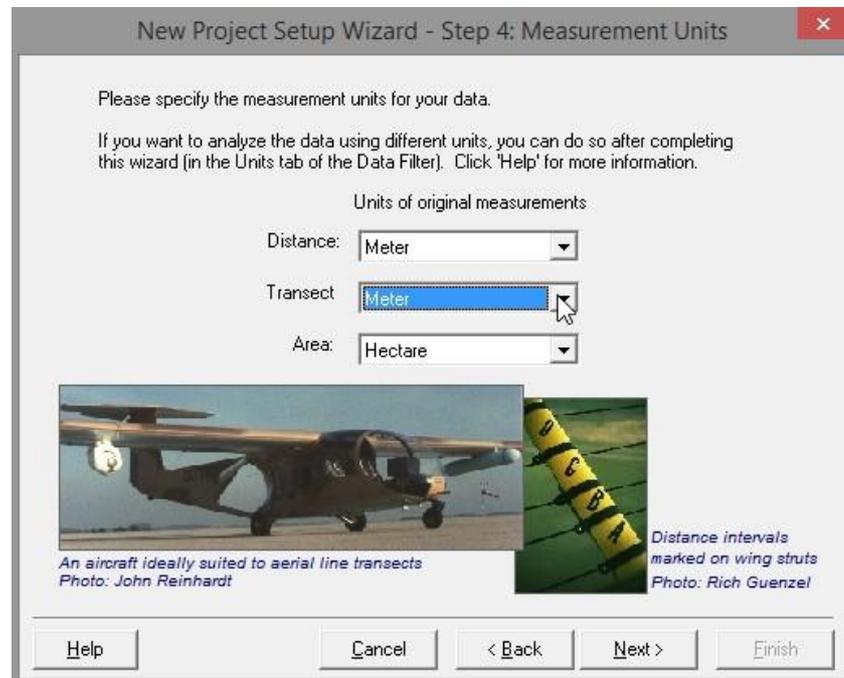
3. Marcar “next” en la siguiente ventana que es únicamente informativa.



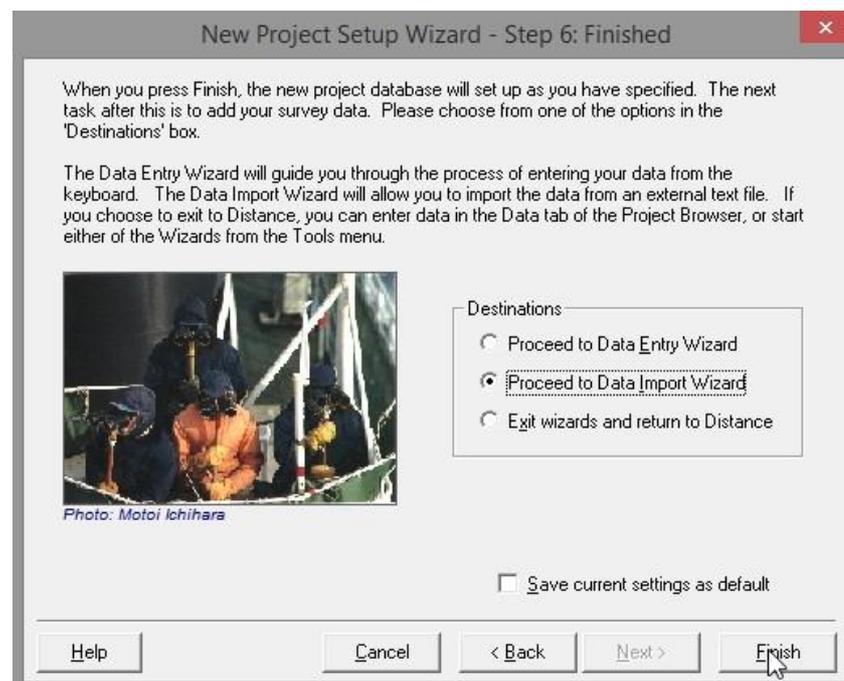
4. Métodos de muestreo. Se marca el tipo de muestreo en línea, un solo observador, la distancia perpendicular y los objetos individuales.



5. Se establecen las unidades de muestreo. Las distancias son medidas en metros, la longitud del transecto en kilómetros y el área en hectáreas.



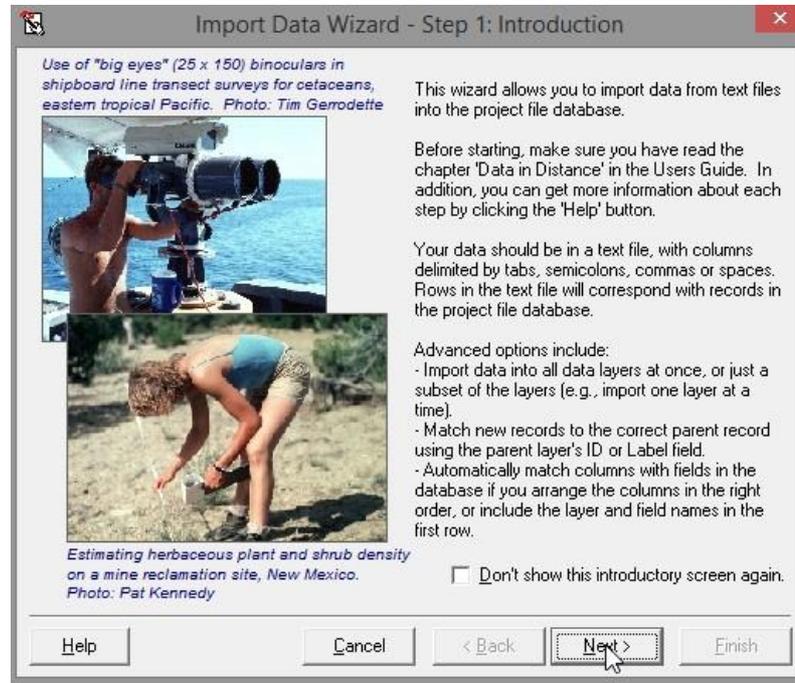
6. No se marca la opción de multiplicadores porque en este caso ya se calculó el esfuerzo de muestreo puede ser distinto en cada transecto. Sólo se marca continuar.



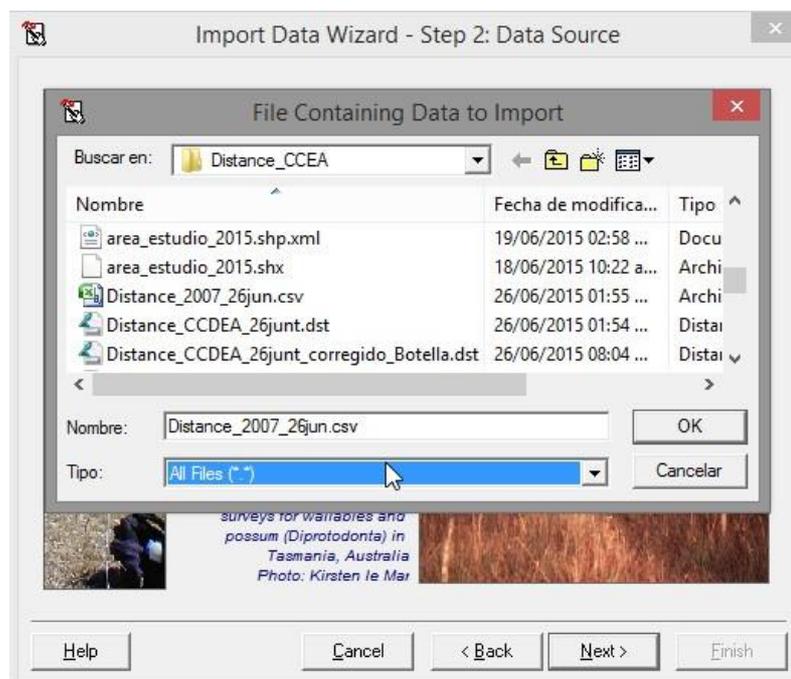
7. Se selecciona la opción de importar la tabla de datos y la opción de terminar.

Importación de datos

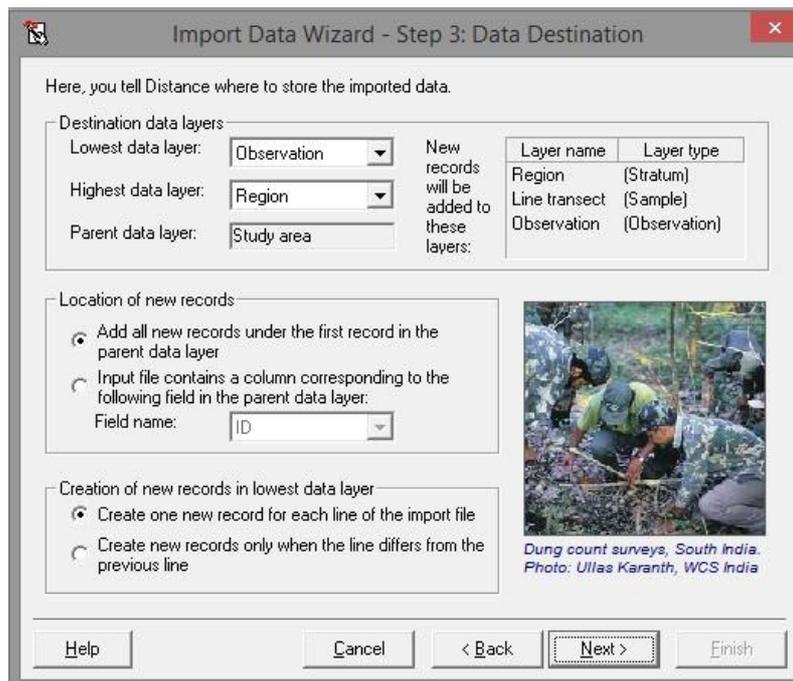
8. La primera ventana que aparece es exclusivamente informativa así que se continúa al siguiente paso.



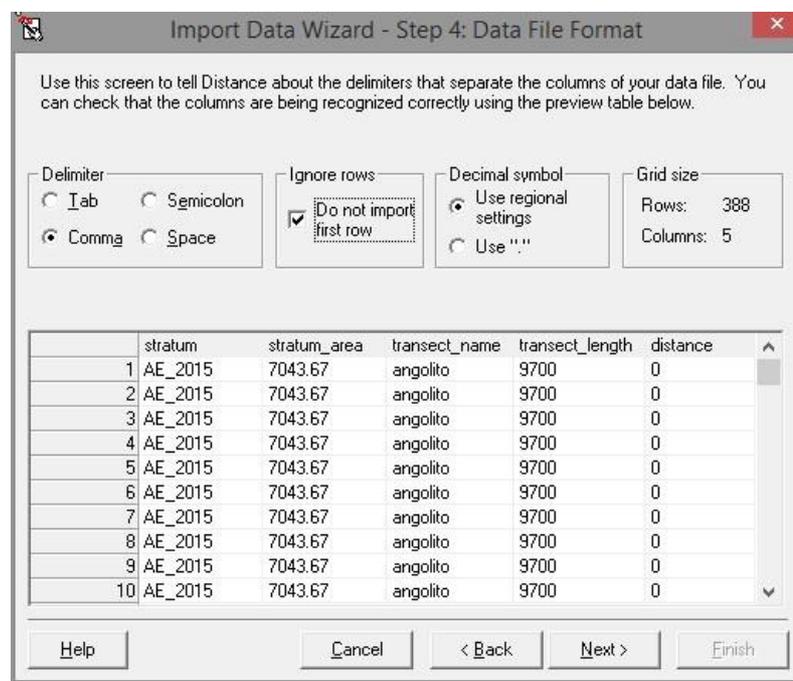
9. Se importa la tabla que se ha completada en formato csv o txt (*Distance* acepta una variedad de formatos).



10. Se definen las diferentes jerarquías de los datos.



11. En caso se hayan importado los datos en formato de comas se marca también la opción de no importar la primera columna



12. Se define cada tipo de celda

Import Data Wizard - Step 5: Data File Structure

This is where you tell Distance which columns in your data file correspond with which fields (columns) in the Distance database. To do this, click on the layer name and field name of each column, and choose from the list. Click Help for more information.

Shortcuts:
 Columns are in the same order as they will appear in the data sheet
 First row contains layer names and field names of each column
Delimiter: Example: Region*Area

Grid size:
Rows: 388
Columns: 5

Layer name:	Region	Region	Line transect	Line transect	Observation
Field name:	Label	Area	Label	Line length	Perp distance
Field type:	Label	Decimal	Label	Decimal	Decimal
	stratum	stratum_area	transect_name	transect_length	distance
1	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
2	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
3	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
4	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
5	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
6	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
7	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
8	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
9	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0
10	AE_2015	7043.67	angolito	9700	0

Buttons: Help, Cancel, < Back, Next >, Finish

13. Se termina la importación de los datos y se procede

Import Data Wizard - Step 6: Finished

Please check the Import specifications are correct, and choose what you want to do with any existing data. Then press Finish to import your data into the Distance database. When the import has finished, you should check the data in the Project Browser.



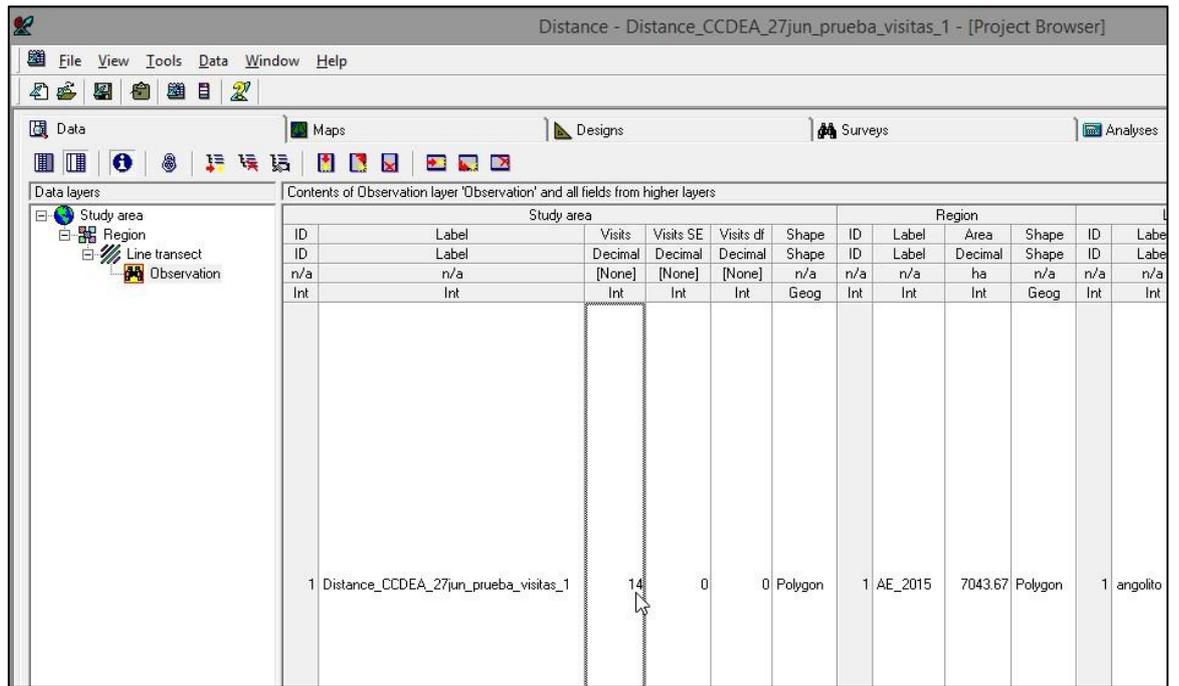
Survey helicopter with distance interval markings fixed to external cage. Used for large mammal surveys, Madikwe Game Reserve, South Africa. Photo: Keryn Adcock

Import specifications:
File: Distance_2007_26jun.csv
Type: Text
Rows: 388
Cols: 5

Existing data:
 Overwrite existing data
 Add to existing data

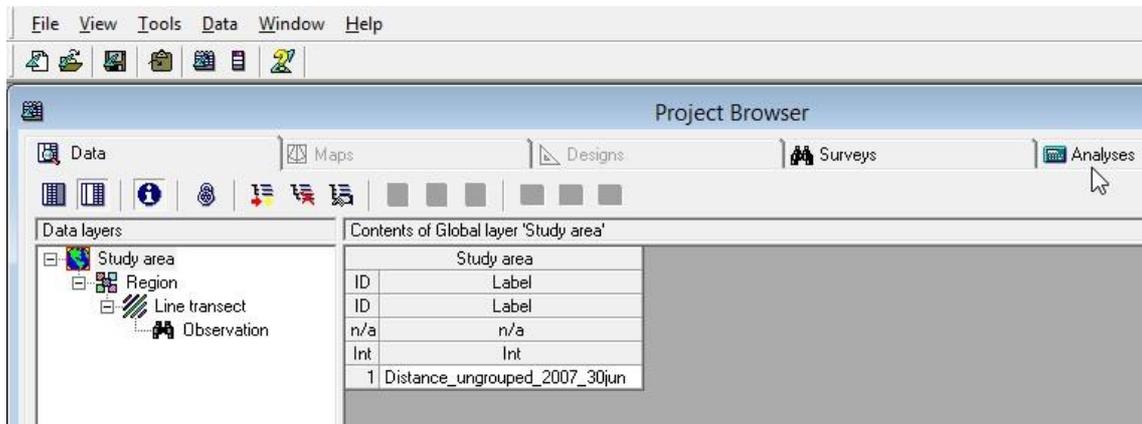
Save current settings as default

Buttons: Help, Cancel, < Back, Next >, Finish

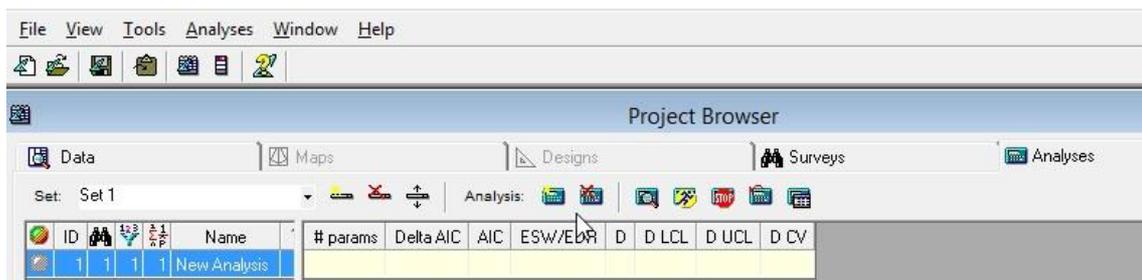


Análisis de los datos

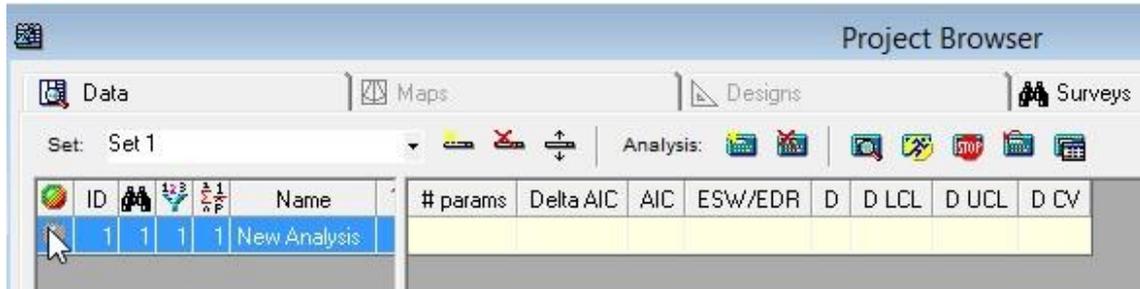
14. Seleccionar el botón de análisis



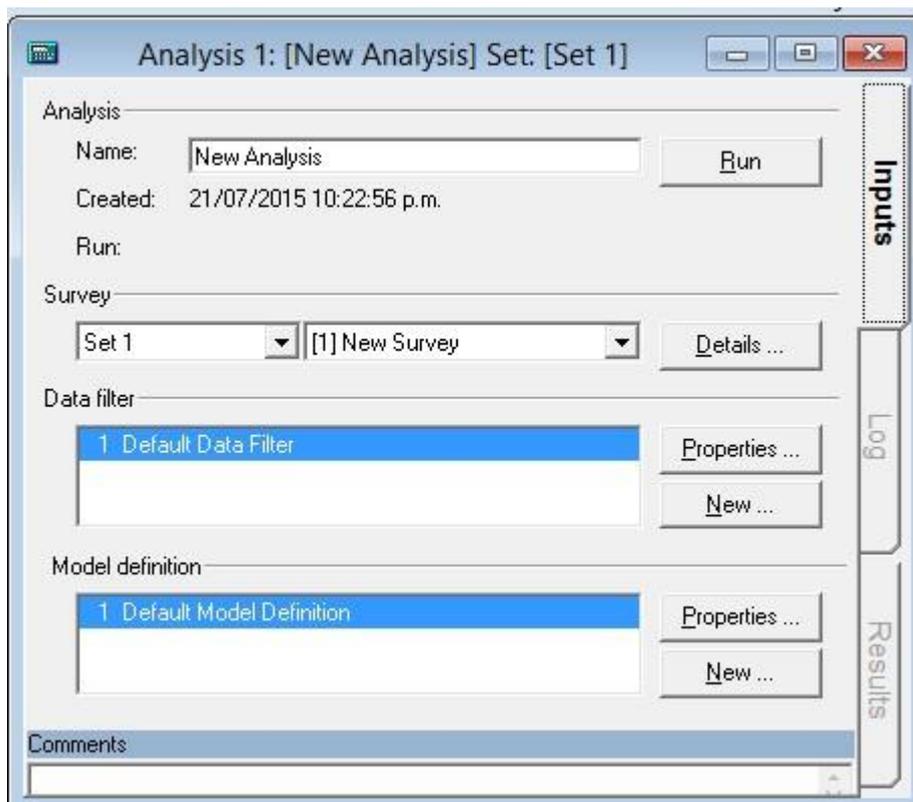
15. Seleccionar el ícono de nuevo análisis



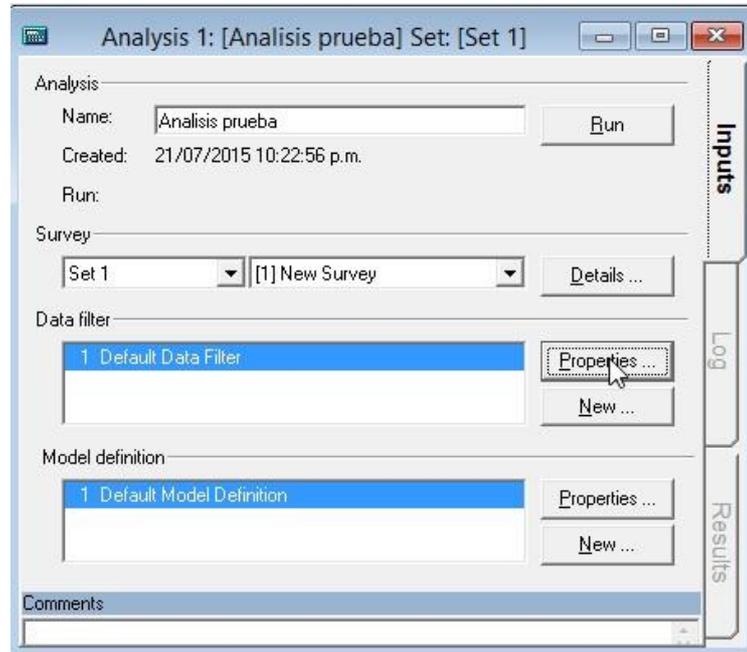
16. Se creó un nuevo registro de análisis, hacer click sobre el círculo gris al lado izquierdo. El círculo gris significa que aun no se ha corrido, el círculo verde que se corrió el análisis sin problema, el círculo ambar quiere decir que se corrió con alguna advertencia y el rojo quiere decir que hay algún error en el análisis.



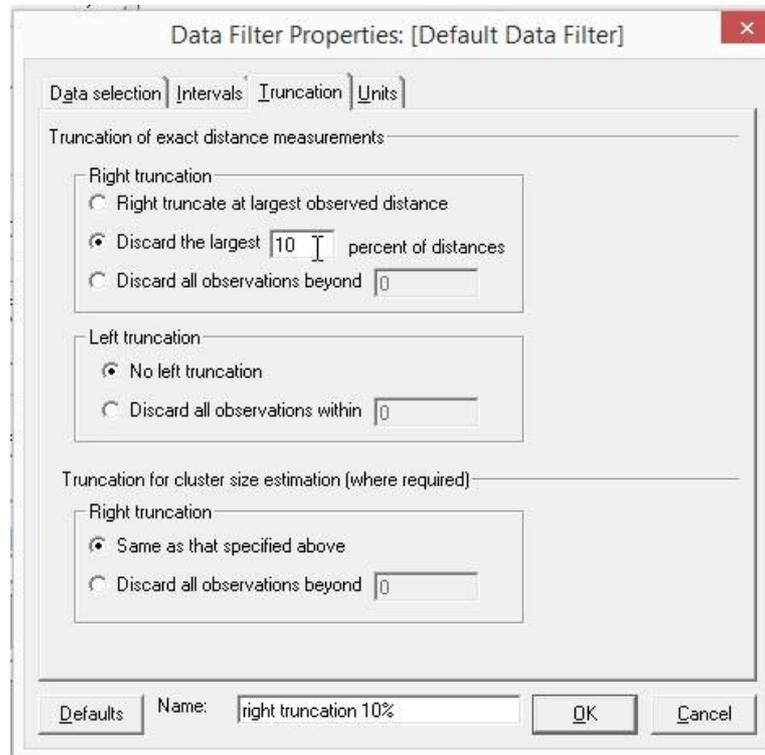
17. Al hacer click sobre el círculo gris se abre una ventana nueva con diferentes opciones para el análisis. Es recomendable cambiar de nombre de New Analysis por un nombre con el relacione las opciones seleccionadas para el análisis.



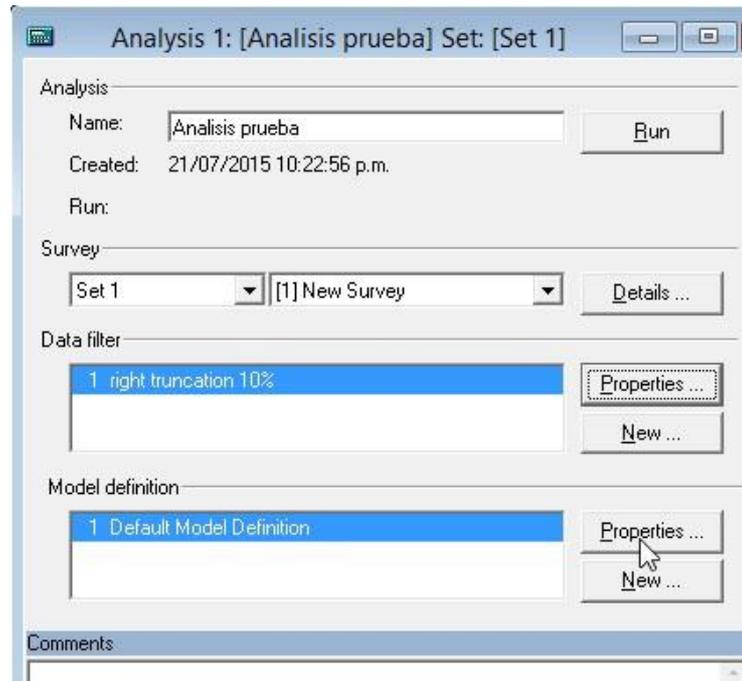
18. En este caso se ha cambiado el nombre por análisis prueba y hacer click sobre las propiedades del data filter.



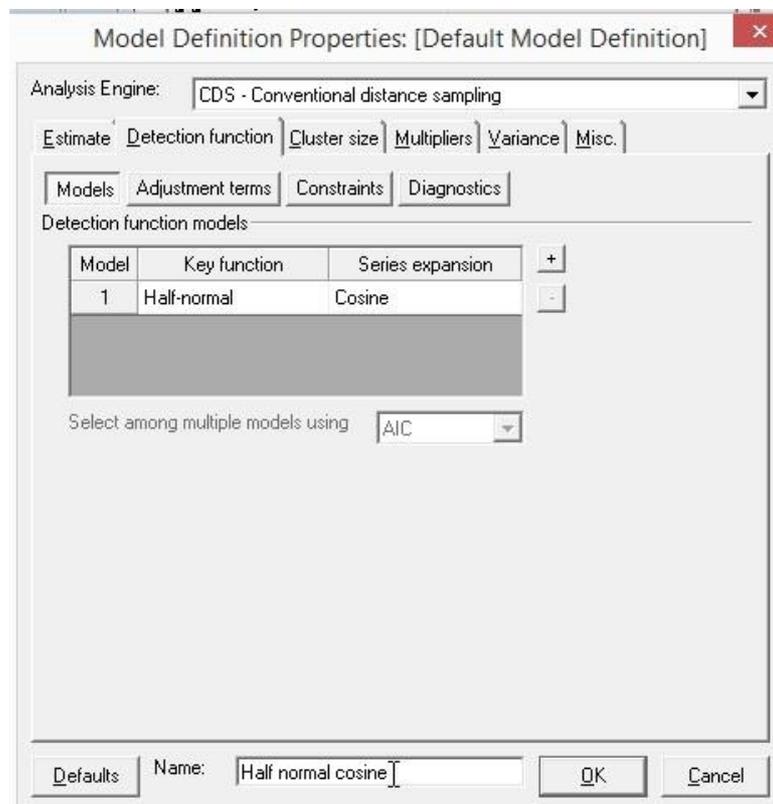
19. Se pueden colocar los valores de truncamiento, ya sea un corte a una determinada distancia o el porcentaje de datos a mayor distancia. El corte puede ser a la derecha o a la izquierda de la curva de distribución de datos.



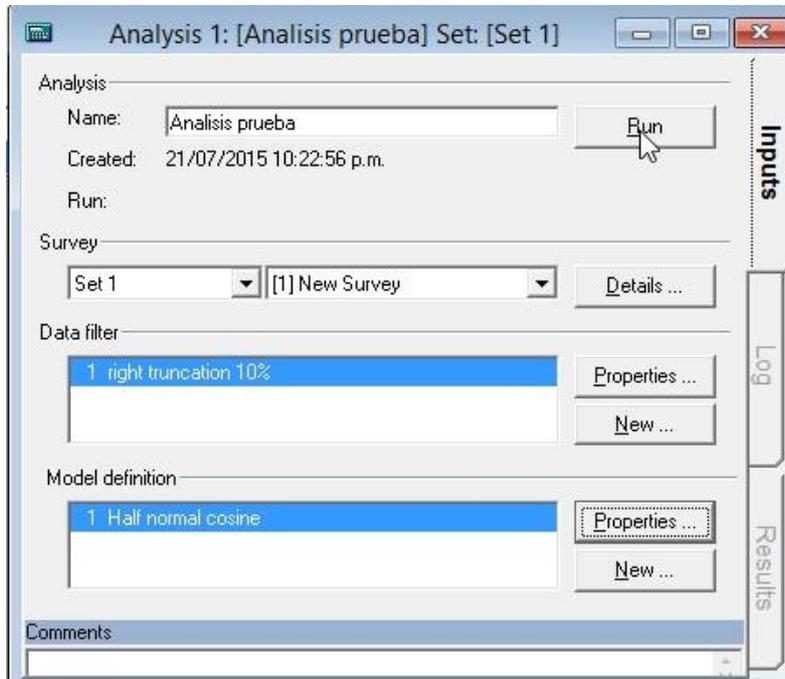
20. Una vez seleccionado el valor de truncamiento se procede a definir las propiedades del modelo de detección.



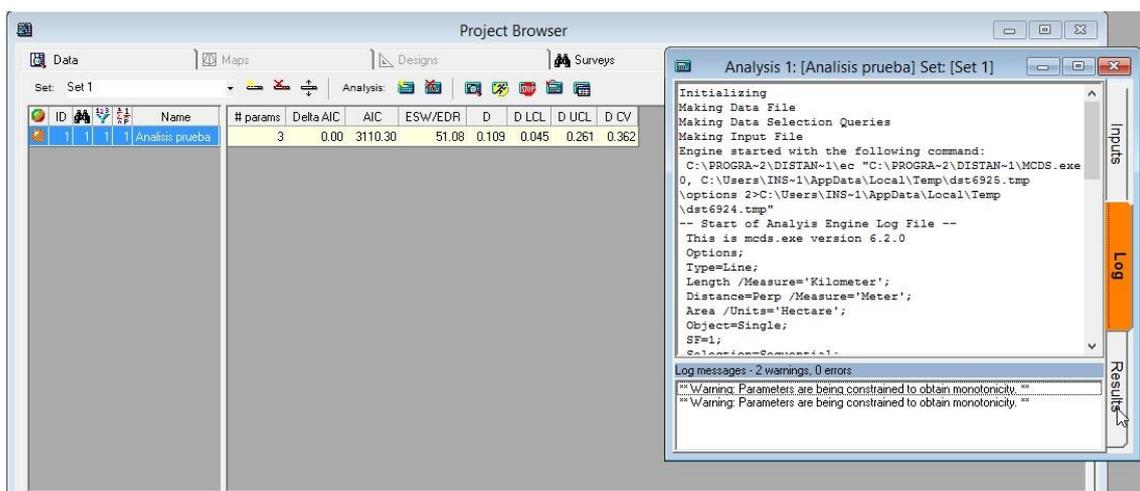
21. En este caso vamos a dejar el modelo por defecto que es la función Half normal y la serie de expansión coseno y se cambió el nombre para poder identificarlo



22. Las opciones seleccionadas para truncamiento y para el modelo se guardan y uno puede volver a usar alguna de estas opciones sin tener que seleccionar los mismos parámetros. Al seleccionar las opciones se corre el modelo.



23. Una vez que terminó de correr el círculo gris cambia de color a verde, ambar o rojo. Al darle click al círculo aparece una ventana que muestra tres viñetas, la primera son los insumos para el análisis, la segunda muestra de donde provienen los datos procesados y los resultados



24. En la viñeta de resultados uno puede avanzar sobre diferentes hojas con pruebas, resultados y gráficos.

