

# RIQUEZA Y DENSIDAD DE ESPECIES DE AVES DE PASTIZAL EVALUADAS POR DOS MÉTODOS

## RICHNESS AND DENSITY OF GRASSLAND BIRD SPECIES ASSESSED BY TWO METHODS

César Posadas-Leal<sup>1</sup>, Leonardo Chapa-Vargas<sup>1</sup>, José Tulio Arredondo-Moreno<sup>1</sup> y Elisabeth Huber-Sannwald<sup>1</sup>

### RESUMEN

Dentro de las aves, las de pastizal son de las más amenazadas en el mundo. En México, estos ecosistemas se han visto afectados por el sobre-apacentamiento con ganado doméstico y la conversión a la agricultura. Para desarrollar planes de conservación es necesario evaluar las poblaciones y utilizar herramientas precisas que permitan conocer el estado de éstas. El objetivo del estudio fue comparar el conteo de aves por transecto y el puntual, para contrastar su efectividad al estimar la riqueza de especies y densidad de poblaciones, mediante cuatro diferentes distancias de detección en tres tipos de hábitats: pastizal mediano abierto, sabana y áreas agrícolas, las cuales diferían en su cubierta vegetal. La cuantificación se realizó en el periodo invierno-primavera 2004 - 2005. Las densidades más altas se obtuvieron con la técnica del conteo puntual en los intervalos de 0 - 25 y 25 - 50 m. El mayor número de especies se detectó con ambos métodos en las distancias de 0 a 75 m. Los resultados son consistentes para las dos estaciones y los tres hábitats, por lo que es posible combinar los métodos probados cuando se realicen inventarios referentes a la diversidad de aves de los pastizales semiáridos de México.

**Palabras clave:** Aves de pastizal, conteo de aves, distancias de conteo, Jalisco, *Lanius ludovicianus*, *Sturnella neglecta*.

### ABSTRACT

Inside the birds group, the grassland birds are the most threatened in the world. In Mexico, these ecosystems have been affected by overgrazing by domestic livestock and conversion of soil to agriculture. To develop conservation plans is necessary to evaluate birds populations and the use of tools that help us to accurately assess the status of bird populations. The main objective of our study was to compare two bird-count methods (transect and point count), to contrast the effectiveness of estimating species richness and population densities at four detection distances in three contrasting grassland habitats: open middle grassland, savanna grassland and agriculture lands, these habitats differ in vegetation cover. Bird counts were conducted during winter 2004 and spring 2005. Estimated population densities were highest when using the PC method at distances of 0 - 25 m and 25 - 50 m. The greatest number of species was detected when both methods at distances of 0 to 75 m. These results were consistent for both seasons and for the three grassland habitats, in base to these results, combining both methods when realizing birds' diversity inventories in Mexican semiarid grasslands.

**Key words:** Grassland birds, bird counts, count distances, Jalisco, *Lanius ludovicianus*, *Sturnella neglecta*.

Fecha de recepción: 27 de marzo de 2009.

Fecha de aceptación: 27 de enero de 2011.

### INTRODUCCIÓN

Las aves de los pastizales de América del Norte son sensibles a la pérdida del hábitat invernal, de reproducción y alimento (Sherry y Holmes, 1992; Knopf, 1994; Herkert *et al.*, 1996; Holmes y Sherry, 2001; Söderström *et al.*, 2003). En el diseño de estrategias para su manejo se requieren métodos precisos de evaluación de sus poblaciones.

### INTRODUCTION

The birds of the grasslands of North America are sensible to the loss of winter, reproductive and feeding habitats (Sherry y Holmes, 1992; Knopf, 1994; Herkert *et al.*, 1996; Holmes y Sherry, 2001; Söderström *et al.*, 2003). The design of strategies for their management requires more precise methods for the assessment of their populations.

<sup>1</sup>División de Ingeniería Ambiental y Manejo de Recursos Naturales. Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A. C. Correo- e: cposadas@uaslp.mx

Las densidades y la riqueza de especies de aves se estiman, comúnmente, con las técnicas de transecto en línea (Söderström *et al.*, 2003) y de conteo puntual (Ralph *et al.*, 1995). En la primera de ellas (TL), se registran todos los individuos observados, y se calcula la distancia perpendicular entre el ave y la línea central del transecto. Este método es eficiente en grandes extensiones (Bollinger *et al.*, 1990) y con una variedad de hábitats. En el conteo puntual (CP) se eligen al azar puntos de observación, los cuales son visitados por un período predeterminado y dentro de un radio específico se consignan las aves detectadas (Bollinger *et al.*, 1990; Ralph *et al.*, 1995). Las ventajas incluyen: la facilidad de aplicación en terrenos irregulares y su alto potencial de localización a distancias cercanas (Ryder, 1986). Una posible desventaja es la sobreestimación de la densidad poblacional, por el doble conteo de algunos individuos.

Ciertas investigaciones muestran que el conteo puntual detecta una mayor densidad y riqueza de especies de aves (Anderson y Ohmart, 1981; Fletcher *et al.*, 2000; Wilson *et al.*, 2000), mientras que otras refieren resultados similares con los dos métodos (Verner y Ritter, 1985; Rosenstock *et al.*, 2002). Los estudios que comparan las técnicas de conteo de aves se realizaron en bosques ribereños y bosques, en tierras de cultivos y otros en pastizales. Hasta la fecha, no se ha examinado su utilidad en los ecosistemas áridos y semiáridos que se localizan en la transición a la región Neotropical.

La región de Llanos de Ojuelos en Jalisco, México se ubica en el extremo sur de la extensión de pastizales semiáridos y del Desierto de Chihuahua, en el pasado estuvo cubierta por pastos cortos, y ahora se caracteriza por un paisaje muy estructurado que consta de parches con pastizales abiertos en los que domina *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths (grama azul), los mosaicos de la agricultura y las tierras de barbecho. En ella, cada vez más, predominan los pastizales de tipo sabana y arbustos (Aguado-Santacruz y García-Moya, 1998).

En México es importante identificar el método de conteo más adecuado para este tipo de bioma, porque es uno de los ecosistemas más alterados y en gran peligro de extinción. Además, en él viven taxa de aves vulnerables. Los objetivos del presente estudio fueron comparar dos métodos de conteo (TL vs CP) mediante la detección de aves en tres hábitats. La hipótesis planteada fue que la diversidad y riqueza estimadas de aves es mayor con el CP que con el TL, y es diferente entre años y mayor en sitios con estructura vegetal compleja.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El trabajo de campo se realizó en la parte central de la sub-provincia geográfica de los Llanos de Ojuelos, Jalisco,

Density and bird species richness are regularly estimated by means of line transect (Söderström *et al.*, 2003) and bird-count (Ralph *et al.*, 1995). In the first one (TL), all the observed individuals are recorded and the perpendicular distance between the bird and the central line of the transect is estimated. This is an efficient method for great territories (Bollinger *et al.*, 1990) and with diverse habitats. In bird-count (CP), observation points are selected at random, and they are visited for a particular time and within a specific radio, the detected birds are registered too (Bollinger *et al.*, 1990; Ralph *et al.*, 1995). It has some advantages such as its rather easy application on irregular fields and its great finding potential at closer distances (Ryder, 1986). A possible disadvantage is the overestimation of population density as a double counting of some individuals might occur.

Some research studies show that bird-count detects a higher density and bird species richness (Anderson and Ohmart, 1981; Fletcher *et al.*, 2000; Wilson *et al.*, 2000), while others refer similar results with both methods (Verner and Ritter, 1985; Rosenstock *et al.*, 2002). Studies that compare the techniques of bird-count were made in river -side forests and forests, in croplands and grasslands as well. Up to the present, they have not been tested in arid and semi-arid ecosystems that are found in the transition areas to the Neo-tropical region.

The Llanos de Ojuelos region in Jalisco state is located at the southern limits of the semiarid grasslands and Chihuahuan Desert, which was once covered by short grass and now is a very well structured landscape that is made up by open grassland patches in which *Bouteloua gracilis* (Willd. ex Kunth) Lag. ex Griffiths (grama azul) is the dominant species, as well as by crop mosaics and plough-lands. Gradually, savannah grasslands and shrubs are dominating the area (Aguado-Santacruz and García-Moya, 1998).

In Mexico, it is important to determine the most convenient counting method for this kind of biome since it is one of the most disturbed ecosystems and at great risk of extinction; in addition, very vulnerable bird taxa live there. The objectives of the present study were to compare two counting methods (LT vs PC) through bird detection in three habitats. The hypothesis was that bird diversity and estimated richness is higher with PC than with LT, and is different every year and higher in places with a complex vegetation structure.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

Field work was made in the central part of the geographic sub-province of Llanos de Ojuelos, Jalisco state, Mexico, in three different habitats: open medium grassland, savannah

México. En tres hábitats distintos: pastizal mediano abierto, pastizal tipo sabana y la región agrícola. El muestreo se llevó a cabo en el invierno de 2004 y la primavera de 2005. Para cada asociación vegetal se eligieron tres sitios con características similares. El clima en la región corresponde al seco templado con verano cálido e invierno fresco, con presencia de lluvias entre julio y septiembre, una precipitación media anual de 450 mm y una temperatura media anual de 17 - 18° C (COTECOCA, 1986). La topografía se caracteriza por pendientes de 1 - 12 %, y planicies que varían hasta "suavemente onduladas" (INEGI, 2008). Los suelos predominantes son Xerosol háplico asociado con Litosol (COTECOCA, 1986).

Los sitios de pastizal mediano abierto se localizan en el Rancho La Mesa (latitud 21°46' N, longitud 101°40' O, 2,300 msnm), el Rancho Viborillas (latitud 21°50' N, longitud 101°43' O, 2,100 msnm) y Rancho Ciénega de Mata (latitud 21°39' N, longitud 101°47' O, 2,350 msnm). Las gramíneas más comunes son: *Bouteloua gracilis*, *B. scorpioides* Lag., *Aristida divaricata* Humb. & Bonpl. ex Willd. y *Buchloë dactyloides* (Nutt.) Engelm. Los pastizales tipo sabana se situaron en el Rancho Santo Domingo (latitud 21°48' N, longitud 101°36' O, 2,200 msnm), Ejido Guadalupe Victoria (latitud 21°41' N, longitud 101°37' O, 2,185 msnm) y Loma de los Cuervos (latitud 21°46' N, longitud 101°31' O, 2,200 msnm). Lugares que presentan una capa abierta de pasto integrada por *B. gracilis* y *Aristida divaricata*. *Acacia schaffneri* (S. Wats.) F.J. Herm. y *Yucca decipiens* Trel. son los taxa arbóreos más comunes, así como *Mimosa biuncifera* Gray, *Brickellia spinulosav* A. Gray, *Opuntia robusta* H. L. Wendl. ex Pfeiff. y *O. streptacantha* Lem. en el estrato arbustivo. Las áreas agrícolas se ubicaron en el Ejido Vaquerías (latitud 21°46' N, longitud 101°38' O, 2,230 msnm), Santo Domingo (latitud 21°49' N, longitud 101°35' O, 2,200 msnm) y Gachupines (latitud 21°48' N, longitud 101°32' O, 2,200 msnm). De junio a septiembre, 70 % de cada sitio es cubierto por cultivos de temporal como: frijol, cebada, y maíz. Las unidades de estudio tuvieron una superficie de 340 ha.

## Conteo de aves

En cada localidad, los conteos de aves se realizaron por el método de TL (Söderström *et al.*, 2003) y el CP (Ralph *et al.*, 1995). En el primer caso se establecieron cuatro transectos en banda (2 km x 100 m x 100 m). Las lecturas se tomaron de las 07:00 a las 12:00 horas, del 20 al 30 de diciembre de 2004 y del 28 de marzo al 7 de abril de 2005, y los recorridos se hicieron a una velocidad constante de 2 km h<sup>-1</sup> (Söderström *et al.*, 2003). La información que se consideró por individuo observado o escuchado, consistió en el nombre y sexo con base en las características físicas del ave, el ángulo de observación y la distancia entre el ave y el responsable del muestreo. El criterio que se usó para contabilizar a los individuos fue que estos se situaran en

type grassland and agriculture region. Sampling was carried out during winter of 2004 and spring of 2005. For each vegetation association were selected three sites with similar characteristics. The weather in the region is mild dry with warm summer and fresh winter, with annual average rainfall of 450 mm and an average annual temperature from 17 to 18°C (COTECOCA, 1986). Topography consists of 1 to 12 % slopes, and plains that can be slightly wavy (INEGI, 2008). Haplic xerosol soils in association with Litosol prevail (COTECOCA, 1986).

The medium open grassland sites are located in the La Mesa Ranch (21°46' N, 101°40' W, 2,300 masl), Viborillas Ranch (21°50' N, 101°43' W, 2,100 masl) and Ciénega de Mata Ranch (21°39' N, 101°47' W, 2,350 masl). The most common grain species are *Bouteloua gracilis*, *B. scorpioides* Lag., *Aristida divaricata* Humb. & Bonpl. ex Willd. and *Buchloë dactyloides* (Nutt.) Engelm. Savannah grasslands are in Santo Domingo Ranch (21°48' N, 101°36' W, 2,200 masl), Guadalupe Victoria Ejido (21°41' N, 101°37' W, 2, 185 masl) and Loma de los Cuervos (21°46' N, 101°31' W, 2, 200 masl), which are places with an open layer of grass conformed by *B. gracilis* and *Aristida divaricata*. *Acacia schaffneri* (S. Wats.) F. J. Herm. and *Yucca decipiens* Trel. are the most common tree taxa, as well as *Mimosa biuncifera* Gray, *Brickellia spinulosa* (A. Gray) A. Gray, *Opuntia robusta* H. L. Wendl. ex Pfeiff. and *O. streptacantha* Lem. in the shrub association. The agriculture areas are located in Vaquerías Ejido (21°46' N, 101°38' W, 2, 230 masl), Santo Domingo (21°49' N, 101°35' W, 2, 200 masl) and Gachupines (21°48' N, 101°32' W, 2,200 masl). From June to September, 70 per cent of each site is covered by rainfed crops of bean, barley and maize. The study units measured 340 ha.

## Bird-count

In each location, bird count was made by the TL method (Söderström *et al.*, 2003) and PC (Ralph *et al.*, 1995). In the first case, four transect in line were established (2 km x 100 m x 100 m). Readings were taken from 7:00 to 12:00 hours, from December the 20<sup>th</sup> to the 30<sup>th</sup>, 2004 and from March the 28<sup>th</sup> to April the 7<sup>th</sup>, 2005, and surveys were made at a constant speed of 2 km h<sup>-1</sup> (Söderström *et al.*, 2003). The data per bird, seen and heard, consisted of the name and sex based upon its physical characteristics, the observation angle and the distance between the bird and the responsible of the sampling. The criterion used to count the individuals was that they were at a 180° angle in front of the observer. Later, the perpendicular distance of the bird to the central line of the transect was estimated. The total area of the four transects in each location measured 160 ha. All data collection was taken in days when wind was < 30 km h<sup>-1</sup> (Söderström *et al.*, 2003) and without any rain (Figure 1).

un ángulo de 180° delante del observador. Posteriormente, se calculó la distancia perpendicular del ave a la línea central del transecto. El área total de los cuatro transectos dentro de cada localidad fue de 160 ha. Todos los registros se realizaron en días con velocidades del viento < 30 km h<sup>-1</sup> (Söderström *et al.*, 2003) y sin precipitación pluvial (Figura 1).

Para el método de CP (Ralph *et al.*, 1995), la cuantificación se llevó a cabo del 3 al 13 de enero de 2005 y del 8 al 20 de abril de 2005, sobre los mismos transectos, hora y condiciones ambientales que se siguieron para el TL. Se establecieron cinco puntos de conteo con una distancia mínima entre ellos de 400 m, y se consignaron todas las aves detectadas visual o acústicamente a 100 m de cada punto, por un período de 10 minutos (Ryder, 1986; Thompson, 2002). Se obtuvieron los mismos datos que en el TL. El área total de observación fue de 62.83 ha (Figura 1).

### Estimación de la riqueza y densidad de especies

Los datos observados se agruparon en cuatro intervalos de distancia (0 - 25 m, 25 - 50 m, 50 - 75 m, y 75 - 100 m), por transecto y punto. Con el número de aves por intervalo se estimó la densidad por hectárea para todas las especies. La riqueza del taxón (número de especies / distancia / ha) y su riqueza total (número total de especies de los 0 - 100 m) se determinaron para cada tipo de hábitat y para los dos métodos de conteo. Además, se contaron los nuevos taxa identificadas con la finalidad de conocer su reducción con respecto a la distancia.

### Análisis estadístico

Se evaluó el efecto del hábitat, el método de conteo, la distancia y la estación del año en la riqueza y la densidad de aves (todas las especies combinadas). Se utilizó un diseño de parcelas sub-sub divididas y un modelo lineal mixto PROC MIXED (SAS V10.0, 2005). El tipo de uso de suelo y la estación del año fueron los factores principales, mientras que el método de conteo y la distancia se consideraron como los factores anidados dentro del uso de suelo. Los efectos principales y sus interacciones se analizaron con base en los valores de P ajustados de Bonferroni, en el cual se incluyeron todas las especies (20).

## RESULTADOS Y DICUSIÓN

### Riqueza de especies

En el pastizal mediano abierto se detectaron 15 especies, de ellas 10 fueron comunes en ambos métodos, otras cuatro sólo se identificaron con el CP y una más con la técnica TL. En los

For the PC method (Ralph *et al.*, 1995), the quantification was carried out from January the 3<sup>rd</sup> to the 13<sup>th</sup>, 2005 and from April the 8<sup>th</sup> to the 20<sup>th</sup>, following the same transects, hour and environmental conditions that were considered in LT. Five counting spots were established, with a 400m minimum distance between them, and all the visually or acoustically detected birds were recorded at 100 m from each spot, in 10 minutes time periods (Ryder, 1986; Thompson, 2002). The data obtained were the same as in LT. The total area measured 62.83 ha (Figure 1).

### Richness and species density estimation

The observed data were grouped in four distances ranges (0 - 25 m, 25 - 50 m, 50 - 75 m, y 75 - 100 m) by transect and by spot. With the number of birds by range was estimated the density / hectare for all species. The richness of the taxon (number of species / distance / ha) and its total richness (total number of species from 0 to 100 m) were determined for each type of habitat and for both counting methods. In addition, the newly identified taxa were counted too in order to know how they diminished in regard to distance.

### Statistical analysis

The habitat, counting method, distance and season effects upon richness and bird density were assessed (all combined species). A plot design with twice divided plots and a mixed linear PROC MIXED model were used (SAS V10.0, 2005). The kind of soil and the season were the main factors, while distance and the counting method were considered the netted factors within land use. The major effects and their interactions were analyzed upon the Bonferroni P values in which all the species were included (20).

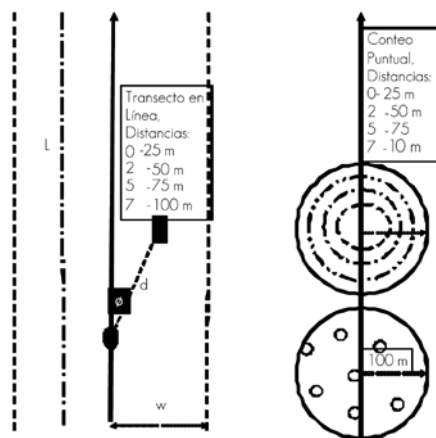


Figura 1. Diseño de los dos métodos utilizados para el censo de aves (TL y CP).

Figure 1. Design of the two methods used for the bird census (LT and PC).

sitios de pastizal tipo sabana, se registraron 17 taxa, 14 con los dos métodos, dos con CP y una con TL. En los sitios agrícolas, el total de especies fue de 18, 17 con ambos métodos, y un taxón con CP (Cuadro 1).

La riqueza varió con el método de conteo, el intervalo de distancia y el tipo de hábitat ( $P = 0.007$ ) (Cuadro 2, Figura 2a). En los sitios de pastizal mediano abierto y de tipo sabana se cuantificó un número mayor de especies con el CP y espaciamiento de 75 - 100 m. Para las áreas agrícolas y a

## RESULTS AND DISCUSION

### Species richness

In the open medium grassland 15 species were detected, from which 10 are common to both methods, four were just found by PC and one more with LT. In the savannah grassland sites 14 taxa were determined, 14 with both methods, two with PC and one with LT. In the agriculture site, the total number of species was 18, 17 with both methods and one with PC (Table 1).

Cuadro 1. Especies de aves observadas con los métodos de transecto en línea (TL) y conteo puntual (CP) en tres tipos de hábitat. Table 1. Bird species observed with the line transect (LT) and point counting (PC) in three habitat types.

Especies	Pastizal corto		Pastizal sabana		Agrícola	
	TL	CP	TL	CP	TL	CP
Accipitridae						
<i>Elanus leucurus</i> (Vieillot, 1818)		X		X		
Falconidae						
<i>Falco sparverius</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X
Charadriidae						
<i>Charadrius vociferus</i> (Linnaeus, 1758)		X			X	X
Columbidae						
<i>Zenaidra asiática</i> (Linnaeus, 1758)			X	X	X	X
Picidae						
<i>Centurus aurifrons</i> (Wagler, 1829)	X	X	X			
Tyrannidae						
<i>Pyrocephalus rubinus</i> (Boddaert, 1783)			X	X	X	X
Laniidae						
<i>Lanius ludovicianus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X	X	X	X
Alaudidae						
<i>Eremophila alpestris</i> (Linnaeus, 1758)		X	X	X		X
Troglodytidae						
<i>Campylorhynchus brunneicapillus</i> (Lafresnaye, 1835)		X	X	X	X	X
Mimidae						
<i>Mimus polyglottos</i> (Linnaeus, 1758)					X	X
<i>Toxostoma curvirostre</i> (Swainson, 1827)	X	X	X	X	X	X
Emberizidae						
<i>Ammodramus savannarum</i> (Gmelin, 1789)	X	X	X	X	X	X
<i>Amphispiza bilineata</i> (Cassin, 1850)	X	X	X	X	X	X
<i>Amphispiza belli</i> (Cassin, 1850)	X	X	X	X	X	X
<i>Chondestes grammacus</i> (Say, 1823)	X	X	X	X	X	X
<i>Passerculus sandwichensis</i> (Gmelin, 1789)	X	X	X	X	X	X
<i>Spizella atrogularis</i> (Cabanis, 1851)	X			X	X	X
<i>Centurus aurifrons</i> (Wagler, 1829)	X	X	X			
Icteridae						
<i>Molothrus ater</i> (Boddaert, 1783)					X	X
<i>Sturnella neglecta</i> (Audubon, 1844)	X	X	X	X	X	X
Passeridae						
<i>Passer domesticus</i> (Linnaeus, 1758)			X	X	X	X
Número total de especies detectado por método	11	14	15	16	17	18
Detectadas con ambos métodos	10		14		17	
Detectada con TL	1		1		0	
Detectada con CP	4		2		1	
Número total de especies por tipo de uso de suelo	15		17		18	

TL= Transecto en línea; CP= Conteo puntual.

LT= Line transect; PC= Point counting

una distancia de 50 - 75 m, se determinó el valor más alto con el método CP. En general no se observaron diferencias significativas al comparar la riqueza de especies por intervalo de distancia entre hábitat para cada método de conteo. Con el TL se detectaron más taxa para el caso de las longitudes cortas, en comparación con el de 75 - 100 m en todos los hábitat, mientras que con la técnica CP los intervalos de distancia no influyeron en la riqueza de especies, a excepción de los sitios agrícolas, donde ésta fue superior en los de 25 - 50 m, con respecto al de 75 - 100 m.

La riqueza por intervalo de distancia también se diferenció con la estación del año, la distancia y el tipo de hábitat (P = 0.02) (Cuadro 2, Figura 2b). En los sitios agrícolas, la detección de especies fue similar para las dos estaciones. Sin embargo, en el pastizal mediano abierto las estimaciones de las aves invernales resultaron más altas en la distancia menor, en contraste con la de 75 - 100 m. En primavera los taxa de aves presentaron diferencias, solamente entre las distancias de 25 - 50 m y de 75 - 100 m. Los valores más altos correspondieron a los pastizales tipo sabana, durante primavera, cuando los dos intervalos de distancia más cortas se compararon con las del invierno. En general, no se observaron diferencias en la detección de especies con respecto a la distancia y tipo de hábitat en las dos temporadas de evaluación, no obstante en primavera el registro fue superior en el intervalo de distancia más grande en los lugares de pastizal mediano abierto, con respecto a las áreas agrícolas.

Richness varied with the counting method, the distance range and the type of habitat (P = 0.007) (Table 2, Figure 2a). In the open medium grassland and savannah were quantified the greatest number of species with PC and a spacing of 75 to 100 m. For the agriculture areas and a 50 to 75 m distance, the highest value was determined with the PC method. In general terms no significant differences were observed when comparing species richness by distance range among habitats for each counting method. With LT were detected more taxa for short lengths, compared to the 75 to 100 m in all the habitats, while with PC the distance ranges did not influence species richness, except for the agricultures sites, where it was higher on the 25 - 50 m, compared to the 75 - 100 m.

Richness by distance range was different with the season, distance and the type of habitat (P = 0.02) (Table 2, Figure 2b) as well. In the agriculture sites, the detection of species was similar in the two seasons. However, in the open medium grassland the estimations of winter birds were higher in the shortest distance, in contrast with that of 75 - 100 m. In spring, the bird taxa showed differences only between 25 to 50 m, and 75 to 100 m. The higher values belonged to savannah type grassland during springtime when the two distance intervals of shorter distance were compared with those of winter. In general, there were no differences in the detection of species in regard to distance and type of habitat in both assessed periods; however, during spring, the record was higher in the greatest range distance in those places of open medium grassland compared to the agriculture areas.

Cuadro 2. Análisis de varianza de la riqueza de especies para los efectos del intervalo de distancia, hábitat, estación, método de conteo y distancia como factor principal (diseño de parcelas sub-sub divididas).

Table 2. Analysis of variance of species richness for the effects of the distance interval, habitat, season, counting method and distance as a main factor (sub-subdivided lot design).

Fuentes de variación	GL	DGL	F	P
Hábitat	2	5.84	6.53	0.0324
Estación	1	14.9	0.91	0.3553
Hábitat * Estación	2	17.4	3.16	0.0674
Método de conteo	1	17.4	145.4	<0.0001
Hábitat * Método de conteo	2	17.4	1.01	0.3832
Estación * Método de conteo	1	17.4	1.32	0.2670
Hábitat * Estación * Método de conteo	2	17.4	3.16	0.0674
Distancia	3	14.8	64.71	< 0.0001
Método de conteo * Distancia	3	57.9	21.92	< 0.0001
Hábitat * Distancia	6	57.9	1.91	0.0943
Estación * Distancia	3	14.8	0.17	0.9175
Hábitat * Método de conteo * Distancia	6	57.9	3.3	0.0074
Hábitat * Estación * Distancia	6	57.9	2.73	0.209
Hábitat * Estación * Método de conteo * Distancia	9	57.9	1.92	0.0672

GL= Grados de libertad; DGL= Desviación de grados de libertad; F= F estadística; P=0.05  
 GL = Degrees of freedom; DGL= Deviation of the degrees of freedom; F= statistical F; P =0.05

Por otro lado, la riqueza total de especies (0 - 100 m) varió con el tipo de hábitat y la época del año ( $P = 0.0235$ ) (Cuadro 3; figuras 2a y 2b). En invierno, el número de taxa fue más grande en las zonas agrícolas y en los pastizales tipo sabana, en tanto que en primavera no hubo cambios entre hábitats. La cantidad de especies nuevas disminuye significativamente, al aumentar la distancia por arriba de los 50 m. Esto sucede para todos los usos de suelo y con ambos métodos de conteo ( $P = 0.0009$ ) (Cuadro 4, Figura 3a).

On the other hand, the total species richness varied with the type of habitat and the season of the year ( $P = 0.0235$ ) (Table 3; figures 2a and 2b). In winter, the number of taxa was greater in the agriculture zones and in the savannah type grassland, while in spring there were no changes among habitats. The number of new species lowers in a significant way when the distance increases above 50 m. This happens for all kinds of land use and with both counting methods ( $P = 0.0009$ ) (Table 4, Figure 3a).

Cuadro 3. Análisis de varianza de riqueza total de especies para los efectos de tipo de hábitat, estación y método de conteo, con un diseño de parcelas sub-sub divididas.

Table 3. Analysis of variance of total species richness for the effects of type of habitat, season and counting methods, with a sub-sub divided lot design.

Fuente de variación	GL	DGL	F	P
Tipo de hábitat	2	24	12.44	0.0002
Estación	1	24	0.54	0.4705
Tipo de hábitat * Estación	2	24	4.4	0.0235
Método de conteo	1	24	4.05	0.0555
Hábitat * Método de conteo	2	24	1.6	0.2234
Estación * Método de conteo	1	24	1.02	0.3236
Hábitat * Estación * Método de conteo	2	24	0.6	0.5551

GL= Grados de libertad; DGL= Desviación de grados de libertad; F= F estadística; P= 0.05.  
GL = Degrees of freedom; DGL= Deviation of the degrees of freedom; F= statistical F; P =0.05.

Cuadro 4. Análisis de varianza para el número de especies únicas en cada intervalo de distancia al examinar los efectos del tipo de uso de suelo y métodos de conteo en un diseño de parcelas sub -sub divididas.

Table 4. Analysis of variance of the number of unique species in each distance range when the effects of land-use types and counting methods were examined in a sub-subdivided lot design.

Fuente de variación	GL	DGL	F	P
Tipo de uso de suelo	2	88	11.45	< 0.0001
Estación	1	8	0.14	0.7141
Tipo de uso de suelo * Estación	2	88	3.87	0.0245
Método de conteo	1	8	3.6	0.0942
Método de conteo * Tipo de suelo	2	88	0.85	0.4301
Estación * Método de conteo	1	8	0.58	0.4694
Tipo de uso de suelo * Estación * Método de conteo	2	88	0.79	0.4567
Distancia	3	88	211.14	< 0.0001
Método de conteo * Distancia	3	88	2.52	0.063
Tipo de suelo * Distancia	6	88	2.75	0.0171
Estación * Distancia	3	88	0.44	0.7233
Tipo de uso de suelo * Método de conteo * Distancia	6	88	4.22	0.0009
Tipo de uso de suelo * Estación * Distancia	6	88	0.34	0.913
Tipo de uso de suelo * Estación * Método de conteo * Distancia	9	88	0.65	0.7496

GL= Grados de libertad; DGL= Desviación de grados de libertad; F= F estadística; P= 0.05.  
GL = Degrees of freedom; DGL= Deviation of the degrees of freedom; F= statistical F; P =0.05.

Densidad de aves

La densidad varió con la distancia y las técnicas utilizadas ( $P < 0.0001$ ) (Cuadro 5, Figura 3b). Dentro de los métodos de conteo, las densidades estimadas no difirieron entre las distancia de 0 - 25 m y 25 - 50 m, pero fueron significativamente superiores en comparación con las distancias de 50 - 75 m y 75 - 100 m. Las densidades en 50 - 75 m tuvieron valores altos en relación a los estimados para el intervalo de 75 - 100 m. Con el método de CP se detectaron más individuos.

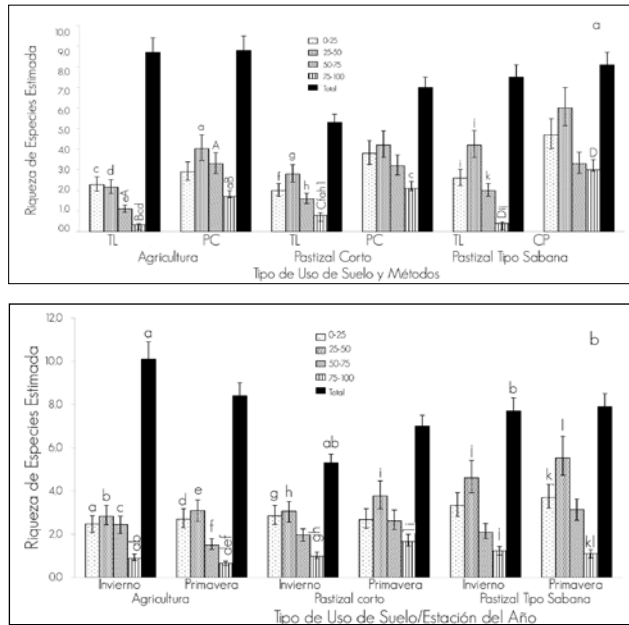


Figura 2. a) Riqueza de especies estimada (en cuatro intervalos de distancia) y riqueza total de especies (0 - 100 m) para diversos tipos de hábitat. b) En dos estaciones.  
 Figure 2. a) Species richness assessment (in four distances ranges) and total species richness (0 - 100 m) for the different types of habitat, b) In two seasons.

Al confrontar la eficacia de los métodos TL y CP para calcular la riqueza y densidad de especies de aves, se obtuvieron diversos resultados en función de la variable examinada. En el caso de la riqueza de especies con diferentes distancias, las dos técnicas fueron estadísticamente iguales para tres distancias (0 - 25, 25 - 50, 50 - 75 m) en el pastizal mediano abierto y en pastizales tipo sabana, pero en los sitios agrícolas se determinaron valores similares, para las dos distancias más cortas.

En los intervalos de mayor distancia el método de CP proporcionó estimaciones más altas de la riqueza de especies. Sin embargo, la mayoría de los taxa se observaron, también en distancias cortas, lo cual implica que dichas técnicas no mejoran la detección de nuevas especies, cuando aumenta la distancia. Lo anterior permite que se

Bird density

Density varied with distance and the methods used ( $P < 0.0001$ ) (Table 5, Figure 3b). From the counting methods, the estimated densities did not differ between the 0 - 25 m and 25 - 50 m ranges, but were significantly higher compared with the 50 - 75 m and 75 - 100 m. The densities between 50 and 75 m had the highest values in relation to those estimated for the 75 to 100 m range. With the PC methods more individuals were detected.

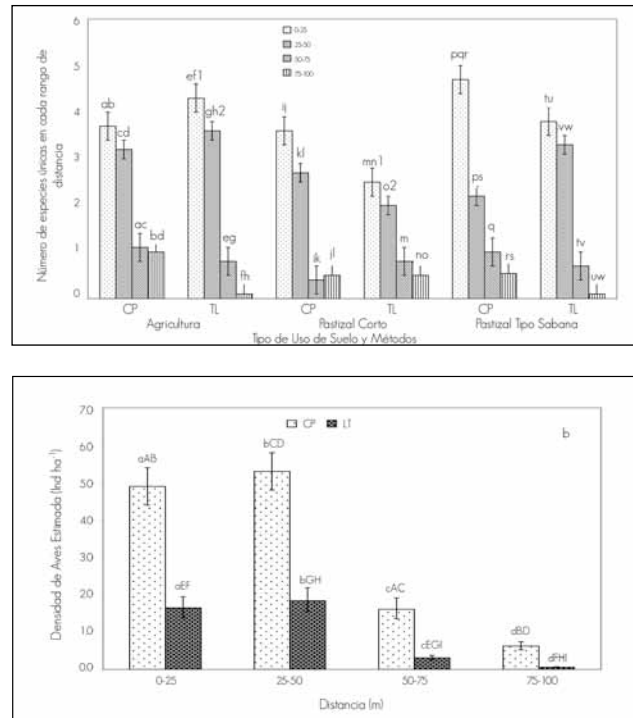


Figura 3. a) Número de especies únicas por hectárea observadas en cada intervalo de distancia. b) Densidad de aves estimadas que incluye el promedio de todas las especies observadas en los tres tipos de hábitat, con los métodos de transecto en línea (TL) y el conteo puntual (CP) y para los cuatro intervalos de distancia.  
 Figure 3. a) Number of unique species per hectare observed in each distance range. b) Estimated bird density including the average number of all the observed species in the three types of habitat, with the line transect (LT) and point counting (PC) methods and for the four distance ranges.

When the effectiveness of the LT and PC were confronted to calculate the richness and density of bird species, several results were obtained in terms of the assessed variable. In regard to species richness at different distances, both techniques were statistically equivalent for the three distances (0 - 25, 25 - 50, 50 - 75 m) in the open medium grassland and in the savanna type grasslands for the shortest distance.



ignore esa variable al estimar la riqueza total de especies por hectárea, ya que el número de especies que se detectaron con el método de CP, sólo fue ligeramente superior, en comparación con las registradas con el TL; aunque las diferencias fueron estadísticamente significativas. Los dos métodos permitieron detectar la misma cantidad de taxa a través de las estaciones del año en estudio. La densidad de aves para la combinación de todas las especies fue significativamente mayor con el método CP, además se mantuvo para todas las distancias. Con dicha técnica se observaron aproximadamente de cuatro a cinco aves por hectárea en distancias cortas (0 - 50 m), por arriba de ese intervalo sólo se contabilizaron de uno a dos individuos por hectárea. Las diferencias entre los métodos usados resultaron consistentes para todos los tipos de uso de suelo y estaciones del año. Ellos sugieren que las observaciones hechas a 50 m del observador proporcionan la información más confiable y completa con respecto a la densidad de aves y la riqueza especies.

El presente estudio forma parte de las investigaciones pioneras para comparar la eficacia de los métodos CP y TL para la detección de aves en los pastizales tipo mediano abierto de la región central de México, en los que se consideran diversos intervalos de distancia. En este sentido, trabajos previos utilizaron un sólo intervalo de distancia, el cual permaneció constante e incluso varió al comparar los dos métodos en un mismo sitio (Cuadro 6). Algunos autores registraron diferencias dos y cinco veces mayores entre las especies observadas por área con el método de CP. Edwards *et al.* (1981) citan para ambas técnicas, un número similar de especies detectadas independientemente de la distancia y del tiempo de observación (Cuadro 6).

The PC method provided the highest species richness in the greatest distance intervals. However, most taxa were observed at short distances too, which implies that these techniques do not improve the detection of new species as distance increases. Thus, this variable can be ignored when total species richness per hectare is determined, since the number of species detected with the PC method was only slightly higher in comparison with those recorded with LT, even if the differences were statistically significant. Both methods made it possible to detect the same number of taxa through the seasons along the year considered in this study. The bird density for the combination of all the species was significantly higher with the PC method, and was the same for all distances. With this technique were observed around four to five birds per hectare at short distances (0 - 50 m); over that range, only one or two individuals per hectare were counted. The differences between the methods used were consistent for all the types of land - use types and seasons. They suggest that the observations made at 50 m from the observer provide more reliable and complete information in regard to the density of birds and species richness.

The actual study is part of the pioneer research studies to compare the efficiency of the PC and LT methods for the detection of birds in the open medium grasslands of the central region of Mexico, in which several distance intervals were considered. In this sense, previous works used one single distance range, which was kept constant and even varied when the two methods in the same place were compared (Table 6). Some authors found differences twice and five times larger among the species observed per area with the PC method. Edwards *et al.* (1981) stated a similar number of species detected in spite of the distance and observation time, with both techniques (Table 6).

Cuadro 5. Análisis de varianza de la densidad de aves para todas las especies al examinar los efectos del uso de suelo, estación, método de conteo y los intervalos de distancia con un diseño de parcelas sub-sub divididas.

Table 5. Analysis of variance of bird density in each distance range when the effects of land-use types and counting methods were examined in a sub-subdivided lot design.

Fuentes de variación	GL	DGL	F	P
Tipo de uso de suelo	2	5.15	2.55	0.1702
Estación	1	3.83	0.94	0.39
Tipo de uso de suelo * Estación	2	14.9	2.78	0.0941
Método de conteo	1	14.9	125.19	< 0.0001
Método de conteo * Tipo de suelo	2	14.9	2.55	0.1118
Estación * Método de conteo	1	14.9	1.87	0.192
Tipo de uso de suelo * Estación * Método de conteo	2	14.9	2.78	0.0941
Distancia	3	12	140.54	< 0.0001
Método de conteo * Distancia	3	60	17.3	< 0.0001
Tipo de suelo * Distancia	6	60	0.81	0.5689
Estación * Distancia	3	12	0.27	0.8476
Tipo de uso de suelo * Método de conteo * Distancia	6	60	1.19	0.3253
Tipo de uso de suelo * Estación * Distancia	6	60	1.92	0.0921
Tipo de uso de suelo * Estación * Método de conteo * Distancia	9	60	1.45	0.1875

GL= Grados de libertad; DGL= Desviación de grados de libertad; F= F estadística; P= 0.05

GL = Degrees of freedom; DGL= Deviation of the degrees of freedom; F= statistical F; P =0.05

Cuadro 6. Lista de estudios previos que comparan los métodos de transecto en línea (TL) y conteo puntual (CP) con respecto a la riqueza total de especies de aves considerando el tipo de hábitat, distancia de detección, total del área observada, tiempo de observación y duración del estudio.

Table 6. Studies that compared the line transect (LT) and the point counting (PC) methods in regard to the total bird species richness, from the type of habitat, detection distance, total observation area, time of observation and study period.

Autor	Hábitat	Distancia (m)		Número. total de especies		Superficie total (ha)		Tiempo total (min)		Duración del estudio (meses)
		CP	LT	CP	LT	CP	LT	CP	LT	
Anderson <i>et al.</i> (1981)	Rivereñas	120	120	71	36	321	691	498	396	4
Edwards <i>et al.</i> (1981)	Playas, pantanos, tierras altas	150	50	45	45	45	45	450	225	14
Varner y Ritter (1985)	Bosques	100	60	80	16	90	63	8	45	24
Wilson <i>et al.</i> (2000)	Bosques húmedos	50	50	33	11	26	44	31	27	24
Fletcher <i>et al.</i> (2000)	Praderas	100	50	60	20	188	40	30	22	4

En los pastizales semiáridos se complica el conteo de las poblaciones de aves, porque la mayoría de ellas se alimentan de semillas o insectos que se localizan en el suelo (Wilson *et al.*, 2000; Fletcher *et al.*, 2000). Así mismo, el cambio en el uso de suelo transforma y aumenta la complejidad de la estructura de la vegetación (densidad y altura de plantas, número de especies y la composición de diversas formas de desarrollo, entre otras características), lo que influye e interfiere con la transmisión de señales visuales y acústicas recibidas por el observador. Por lo tanto, con el incremento de la distancia se reducen sustancialmente las posibilidades de detectar algún taxón, lo que está influenciado por la interferencia de la vegetación (Petit *et al.*, 1995), el tamaño del ave y por la distancia misma.

En las áreas de estudio, el intervalo de distancia de 0 - 50 m proporcionó las estimaciones más confiables de las densidades, a pesar de las diferencias en la estructura de la vegetación y los usos de suelo. Las señales visuales y auditivas parecen haber sido bastante claras y sonoras para detectar las aves sin importar la presencia de arbustos y de árboles pequeños. La detección de dos a tres veces más aves con el método de CP que con el de TL es, probablemente, el resultado de: a) los sesgos y errores asociados a los métodos y, b) el comportamiento de las especies. Puesto que la densidad de aves es comparativamente baja en estos sitios, fue factible supervisar los movimientos individuales de cada una de ellas. Por lo que, se podría reducir el sesgo mediante el empleo del método de CP para estimar la densidad demográfica de aves de pastizal en los ecosistemas semiáridos.

In semi-arid grasslands, bird populations' counting is complicated because most of them feed on seeds or insects on the soil (Wilson *et al.*, 2000; Fletcher *et al.*, 2000). Thus, land-use change transforms and increases the complexity of vegetation structure (density and plant height, number of species and the composition of several development forms, among other characteristics), which has an influence upon or interferes with visual and acoustic sign transmissions received by the observer. Thus, with the increment of distance, the possibility to detect some taxon is substantially reduced, which is affected by the interference of vegetation (Petit *et al.*, 1995), the size of the bird and distance itself.

In the study areas, the 0 - 50 m distance range provided the most reliable estimations of densities, in spite of the differences on vegetation structure and land-use. The visual and auditory signs seem to have been clearly and loudly enough to detect the birds, without taking into account shrubs and small trees. The detection of birds by two to three more times with the PC than with the LT method is, probably, the result of: a) the bias or mistakes associated to the methods, and b) the behavior of the species. As the bird density is, comparatively, rather low in these sites, it was possible to oversee the individual movements of each of them. Thus, bias could be diminished by means of the PC method to estimate the demographic density of grassland birds of the semi-arid ecosystems.

## CONCLUSIONS

Bird counting with LT and PC are equally good for bird species inventories in different habitats within the grassland biome, since the time used for observation is similar in both

## CONCLUSIONES

Los conteos de aves con TL y CP son igualmente apropiados para la realización de los inventarios de las especies en diversos hábitats dentro del bioma de los pastizales, ya que el tiempo empleado para la observación es similar en ambos (por transecto: TL cuatro horas y tres horas y media para CP). Para futuros trabajos, es deseable prestar mayor atención en distancias cercanas a los 50 m, puesto que más allá de este intervalo la probabilidad de detectar nuevas especies es muy baja. Sin embargo, si se descubre una especie más allá de esta longitud, obviamente debe ser registrada. La combinación de TL - CP permitiría obtener un registro más confiable y completo de todas las aves presentes en los tipos de hábitat estudiados. Además, se tendría una supervisión rápida y sencilla del impacto del cambio del uso del suelo en comunidades de aves y sus densidades demográficas en los pastizales semiáridos, uno de los biomas más amenazados del mundo. 🐦

(by transect: LT four hours and three and a half hours for PC). For future investigations it is desirable to devote more attention to distances near 50 m, since beyond this interval, the probability to detect new species is very low. However, if a species is found further than that length, obviously, it must be registered as well. The LT-PC combination would favor a more complete and reliable record of all the present birds in the assessed habitats. In addition, a fast and simple survey of the land-use change impact upon the bird communities and on their demographic densities in the semi-arid grassland could be achieved, as it is one of the most threatened biomes of the world. 🐦

*End of the English version*

## REFERENCIAS

- Aguado-Santacruz, G. A. and E. García-Moya. 1998. Environmental factors and community dynamics at the southernmost part of the North American Graminetum-I. On the contribution of climatic factors to temporal variation in species composition. *Plant Ecology*. 135 (1):13-29.
- Anderson, B. W. and R. D. Ohmart. 1981. Comparisons of avian census results using variable distance transect and variable circular plot techniques. *Studies in Avian Biology* 6:186-192.
- Bollinger, E. K., P. B. Bollinger and T. A. Gavin. 1990. Effects of hay-cropping on eastern populations of the Bobolink. *Wildlife Society Bulletin* 18:142-150.
- Comisión Técnico Consultiva para la Determinación de Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1986. Coeficientes de Agostadero de la República Mexicana. Estado de Jalisco. Tomo I. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F. México. 159 p
- Edwards, D. K., G. L. Dorsey and J. A. Crawford. 1981. A comparison of three avian census methods. In: Ralph, C. J. and J. M. Scott [Eds.], *Estimating numbers of terrestrial birds*. *Studies in Avian Biology* No. 6. pp. 170-176.
- Fletcher, R. J. Jr., J. A. Dhundale and T. F. Dean. 2000. Estimating non-breeding season bird abundance in prairies: a comparison of two survey techniques. *Journal of Field Ornithology* 71(2):321-329.
- Herkert, J. R., D. W. Sample and R. E. Warner. 1996. Management of Midwestern grassland for the conservation of migratory birds. In Thompson, F. R. (Ed). *Management of Midwestern landscapes for the conservation of Neotropical migratory birds*. U.S. Department Agriculture Forest Service, USA. General Technician Report NC-187. pp: 89-116.
- Holmes, R. T. and T. W. Sherry. 2001. Thirty-year bird population trends in an unfragmented temperate deciduous forest: Importance of habitat change. *The Auk* 118(3):589-609.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2008. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ojuelos de Jalisco*. Clave geoestadística 14064. Síntesis Geográfica de Jalisco. Secretaría de Programación y Presupuesto. México, D.F. México. pp: 122-128.
- Knopf, E. L. 1994. Avian assemblages on altered grasslands. *Studies in Avian Biology* 15:247-257.
- Petit, D. R., L. J. Petit, V. A. Saab and T. E. Martin. 1995. Fixed-Radius Point Counts in Forests: Factors Influencing Effectiveness and Efficiency. In: Ralph, C. J., J. R. Sauer, S. Droege (Eds). *Monitoring bird populations by point counts*. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149 Albany, CA. USA. pp: 49-56.
- Ralph, C. J., J. R. Sauer and S. Droege. 1995. *Monitoring bird populations by point counts*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-149. Albany, CA. USA. 187p.
- Rosenstock, S. S., D. R. Anderson, K. M. Giesen, T. Leukering and M. F. Carter. 2002. Landbird count techniques: current practices and an alternative. *The Auk* 119(1):46-53.
- Ryder, R. A. 1986. Songbirds. In: Cooperrider A. Y., R. J. Boyd, and H. R. Stuart (Eds). *Inventory and monitoring of wildlife habitat*. US. Department Interior Bureau Land Manage Service Center. Denver, CO. USA. 858 p.
- Statistical Analysis System (SAS). 2005. *SAS/STAT user's guide*. Release 10.0 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC. USA. 1,028 p.
- Sherry, T. W. and R. T. Holmes. 1992. Are populations of neotropical migrant birds limited in summer or winter? Implications for management. In: Finch, D. M. and P. W. Stangel [Eds]. *Status and management of neotropical migratory birds*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range. Estes Park, CO. USA. pp 47-57.
- Söderström, B. S. Kiema and R. S. Reid. 2003. Intensified agricultural land-use and bird conservation in Burkina Faso. *Agriculture Ecosystem and Environment*. 99: 113-124.
- Thompson, W. L. 2002. Towards reliable bird surveys: accounting for individuals present but not detected. *The Auk* 119(1):18-25.
- Verner, J. and L. V. Ritter. 1985. A comparison of transects and point counts in oak pine woodlands of California. *Condor* 87:46-68.
- Wilson, R. R., D. J. Twedt and A. B. Elliott. 2000. Comparison of line transect and point count for monitoring spring migration in forest wetlands. *Journal of Field Ornithology* 71(2):345-355.



Comunidad serrana Ciénega de Nuestra Señora, municipio de Santiago Papasquiaro, Durango.  
Juan Bautista Rentería Ánima (2004)