



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE BIOLOGÍA**



**Estructura poblacional y densidad del pecarí de  
collar (*Dicotyles tajacu*) en Michoacán**

**PROGRAMA INSTITUCIONAL MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLOGICAS**

**Tesis**

que como requisito parcial para optar por el grado de

**Maestra en ciencias Biológicas en Ecología y  
Conservación**

**PRESENTA**

**ERANDI GABRIELA ROCHA SERRATO**

**Director de tesis:**

**Dr. Tiberio Cesar Monterrubio Rico**

**MORELIA, MICHOACAN JUNIO 2022**

## DEDICATORIA



Primeramente a la vida que me permitió realizar y culminar este proceso enseñándome “Que todo lo valioso que logramos no es fácil”.

A mis padres por siempre ser mi ejemplo y enseñarme a luchar y esforzarme por mis sueños siempre con lealtad y honestidad.

A mi madre María Serrato por su apoyo, cuidado incondicional, consejos, motivación y siempre confiar en mí.

A mi padre Ángel Rocha † que a pesar de su ausencia siempre me acompaña y guía en cada paso que doy... tu legado es perpetuo y tu corazón es fuente inagotable de amor...

A mis hermn@s: Amelia, Claudia, Ángeles, Elizabeth y Ángel por siempre estar conmigo en los tiempos difíciles, apoyarme en todo momento y confiar en mí.

A mis Sobrin@s: Bry, Carlos, Chamin, Geovana, Angel David, Dylan y Ambar por hacer mis días más alegres, divertidos y ser mi motivación para dejar un mundo mejor para ustedes.

¡Gracias familia Rocha-Serrato por estar en mi vida, los quiero!♥

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor, Dr. Tiberio Cesar Monterrubio Rico por la gran oportunidad de formar parte del Laboratorio, por su apoyo, dedicación, consejos y críticas en el desarrollo de este trabajo tan importante.

A mis sinodales Dr. Juan Felipe Charre Medellin, Dra. María Guadalupe Zavala Paramo, Dr. Juan Manuel Ortega Rodríguez, y el Dr. Alejandro Salinas Melgoza por su apoyo, comentarios y sugerencias que enriquecieron este trabajo.

A la Biol. Sheyla Morales mejor amiga y compañera de laboratorio, por su apoyo constante, amistad, momentos memorables, risas y palabras de aliento en momentos difíciles en mi vida y a lo largo del proceso.

A la M.C Isa Villicaña por su amistad, apoyo constante, motivación y consejos en el transcurso de este proceso.

A Manuel Torres, por la motivación, risas, consejos, apoyo y palabras de aliento a pesar de la distancia.

A CONACYT por la beca 758636 otorgada durante los dos años de maestría.

Al Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas del Área Temática de Ecología y Conservación por el apoyo y facilidades para concluir mis estudios de maestría.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>11</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>ANTECEDENTES .....</b>	<b>14</b>
2.1 Origen del pecarí.....	14
2.2 Taxonomía Familia Tayassuidae .....	14
2.3 Distribución .....	15
2.4 Descripción.....	17
2.4.1 Pecarí de collar ( <i>Dicotyles tajacu</i> ).....	17
2.4.2 Hábitat .....	17
2.4.3 Dieta .....	17
2.4.4 Reproducción y longevidad .....	18
2.4.5 Comportamiento .....	18
2.4.6 Movimiento .....	19
2.4.7 Ámbito hogareño .....	19
2.4.8 Depredadores .....	20
2.4.9 Importancia ecológica y económica.....	20
2.5 Estatus .....	21
2.6 Métodos para estimar abundancia .....	22
2.6.1 Transectos .....	22
2.7.2 Rastros, huellas y excretas.....	22
2.7.3 Cámaras trampa .....	22
2.8 Estimación de abundancia .....	23
2.8.1 Tamaño de piaras.....	24
2.8.2 Densidad.....	24
2.9.3 Maxent.....	25
2.9.4 Estudios sobre distribución potencial en la especie.....	27
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
Objetivo general .....	30
Objetivos particulares .....	30

<b>4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....</b>	<b>31</b>
4.1 Descripción del área de estudio .....	31
4.2 Regiones fisiográficas .....	31
<b>5. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>34</b>
<b>6. ESTRUCTURA DE LA TESIS.....</b>	<b>46</b>
<b>7. Capítulo I: Abundancia, densidad aparente y estructura poblacional del pecarí de collar en Michoacán. ....</b>	<b>47</b>
RESUMEN .....	47
ABSTRACT .....	48
<b>8. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>49</b>
<b>9. HIPÓTESIS NULA .....</b>	<b>50</b>
<b>10. OBJETIVOS.....</b>	<b>51</b>
<b>11. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>52</b>
11.1 Esfuerzos de muestreo y datos .....	52
11.2 Análisis de datos.....	55
11.2.1 Abundancia relativa o tasa de captura.....	55
11.2.2 Estructura Poblacional .....	56
11.2.3 Densidad aparente .....	56
11.2.4 Área efectiva de muestreo.....	57
11.4.5 Estimación de la época reproductiva.....	57
<b>12. RESULTADOS.....</b>	<b>58</b>
12.1 Esfuerzo de muestreo.....	58
12.2 Registros independientes y tasa de captura .....	61
12.3 Estructura poblacional general.....	63
12.4.1 Variación del tamaño mensual de las pjaras por época .....	66
12.5 Densidad aparente .....	68
12.6 Época reproductiva.....	69
<b>13. DISCUSIÓN .....</b>	<b>70</b>
Esfuerzo de muestreo.....	70
Tasa de Captura .....	70
Estructura poblacional .....	72
Densidad.....	72
Época reproductiva.....	73

<b>14. CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>15. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>75</b>
<b>16. Capítulo II: Correlación entre parámetros poblacionales del pecarí y el modelo de aptitud ambiental y hábitat. ....</b>	<b>80</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>80</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>81</b>
<b>17. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>82</b>
<b>18. HIPÓTESIS NULA .....</b>	<b>85</b>
<b>19.OBJETIVOS.....</b>	<b>86</b>
<b>20. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>87</b>
<b>20.1 ANALISIS DE DATOS .....</b>	<b>87</b>
<b>20.1.2 Modelado de nicho ecológico.....</b>	<b>87</b>
<b>20.1.3 Validación del modelo .....</b>	<b>88</b>
<b>20.1.4 Distribución por elevación .....</b>	<b>88</b>
<b>20.1.5 Distribución por tipo de vegetación .....</b>	<b>88</b>
<b>20.1.6 Distribución por región fisiográfica .....</b>	<b>88</b>
<b>21.2 Análisis estadísticos.....</b>	<b>88</b>
<b>21.2.1 Regresiones simples y múltiples.....</b>	<b>88</b>
<b>22. RESULTADOS.....</b>	<b>89</b>
<b>22.1 Modelado de nicho ecológico .....</b>	<b>89</b>
<b>22.2 Distribución por elevación .....</b>	<b>91</b>
<b>22.3 Distribución por tipo de vegetación .....</b>	<b>92</b>
<b>22.4 Distribución por región fisiográfica .....</b>	<b>93</b>
<b>22.5 Variables ambientales y abundancia relativa .....</b>	<b>94</b>
<b>23. DISCUSIÓN .....</b>	<b>95</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>24. CONCLUSIONES .....</b>	<b>99</b>
<b>25. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>100</b>
<b>Apéndice I. Estudios en que se estima la abundancia de poblaciones de <i>Dicotyles tajacu</i>.....</b>	<b>103</b>
<b>26. APÉNDICES .....</b>	<b>103</b>
<b>Apéndice II. Conducta reproductiva de <i>D. tajacu</i> durante el inicio de la época seca. ....</b>	<b>106</b>

<b>Apéndice III.</b> Eventos en que se observa crías de <i>D. tajacu</i> .....	107
<b>Apéndice IV.</b> Modelo donde se proyecta distribución potencial en escala nacional, observándose su amplia distribución para Michoacán. ....	110
<b>Apéndice V.</b> Modelo comparativo de la distribución potencial de <i>Dicotyles tajacu</i> en Michoacán.....	111

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Distribución observada de <i>Dicotyles tajacu</i> en México en el periodo anual 2010-2020 (Registros tomados de GBIF). .....	16
<b>Figura 2.</b> Regiones fisiográficas de Michoacán, CONABIO, 2005. ....	33
<b>Figura 3.</b> Distribución del esfuerzo de muestreo de campo mediante transectos y fototrampeo. ....	54
<b>Figura 4.</b> Variación del periodo 2014-2016 de la tasa de captura en la Sierra Madre del Sur. ....	62
<b>Figura 5.</b> Estructura de edades en los registros de pecarí .....	64
<b>Figura 6.</b> Distribución porcentual de las pjaras época seca. ....	65
<b>Figura 7.</b> Distribución porcentual de las pjaras época húmeda. ....	65
<b>Figura 8.</b> Probabilidad de ocurrencia de <i>Dicotyles tajacu</i> . ....	90

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Distribución del esfuerzo de muestreo en número de estaciones de fototrampeo (%) y su efectividad en detectar a la especie en Michoacán. ....	58
<b>Cuadro 2.</b> Esfuerzo de muestro en número de días-cámara acumulado (%), y su efectividad. ....	59
<b>Cuadro 3.</b> Duración promedio de esfuerzo en días-cámara por sitio entre sitios con detección y sin detección, su desviación estándar e intervalo (mínimo-máximo).....	60
<b>Cuadro 4.</b> Distribución de registros por (%) y su tasa de captura en general (SDV) y tasas de cámaras exitosas (intervalo). ....	61
<b>Cuadro 5.</b> Número promedio de pecaríes por región y por evento-registro.....	63
<b>Cuadro 6.</b> Distribución porcentual del tamaño de las piaras en meses secos.....	66
<b>Cuadro 7.</b> Distribución porcentual del tamaño de piaras en los meses húmedos.	67
<b>Cuadro 8.</b> Estimación de densidad aparente.....	68
<b>Cuadro 9.</b> Temporalidad de reproducción de <i>Dicotyles tajacu</i> . ....	69
<b>Cuadro 10.</b> Variables ambientales empleadas en el modelo.....	87
<b>Cuadro 11.</b> Distribución de aptitud por elevación por km <sup>2</sup> . ....	91
<b>Cuadro 12.</b> Distribución de aptitud por tipo de vegetación. ....	92
<b>Cuadro 13.</b> Distribución potencial por región fisiográfica por Km <sup>2</sup> . ....	93
<b>Cuadro 14.</b> Resultados del análisis de correlación entre tasas de captura y variables ambientales.....	94

## RESUMEN

En la actualidad se conoce poco sobre distribución actual, estructura poblacional y abundancia de pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*) para México y en especial para el estado de Michoacán, donde se ha experimentado elevada deforestación a lo largo de su distribución histórica en las últimas décadas. Se analizó su estructura y densidad poblacional, además de su variación entre años, regiones y épocas (seca y húmeda mediante el uso de cámaras trampa. También se examinó la capacidad predictiva de variables ambientales en explicar los niveles de abundancia observados, utilizando la correlación de las tasas de captura con parámetros ambientales en regresiones simples y múltiples. La estructura poblacional observada en el estudio está integrada en general con 69.0% adultos, 23.0% juveniles y 8.0% crías. En época húmeda las piaras suelen aumentar en tamaño con 7-12 individuos. Mientras que las piaras pequeñas se mantienen homogéneas en ambas épocas. La tasa de captura general fue de 13.8 ind/100 días-trampa. En cuanto a la densidad aparente para la región del Bajo Balsas se observaron los mayores valores con 1.30 Ind/km<sup>2</sup> para el análisis conservador y 2.28 ind/km<sup>2</sup> para el análisis optimista. Se encontró una baja correlación con  $R^2$  0.139 entre las tasas de captura y los parámetros ambientales, indicando que factores ambientales no explican de forma directa la abundancia del pecarí a escala local.

**Palabras clave:** Abundancia relativa, cámaras trampa, distribución potencial.

## ABSTRACT

Currently little is known about the current distribution and population structure and abundance of collared peccary (*Dicotyles tajacu*) for Mexico and especially for the state of Michoacán, where high deforestation has been experienced throughout its historical distribution in recent decades. . Its structure and population density were analyzed, in addition to its variation between uses, regions and seasons (dry and humid) by means of trap cameras. The predictive capacity of environmental variables in explaining the levels of abundance observed was also found, using the connection of the rates of capture with environmental parameters in multiple and simple regressions. The population structure observed in the study is integrated in general with 69.0% adults, 23.0% juveniles and 8.0% offspring. Individuals. While the small herds remain homogeneous in both seasons. The general catch rate was 14.5 ind/100 trap-days. Regarding the apparent density for the region of the Bajo Balsas, the highest values were observed with 1.30 ind/km<sup>2</sup> for the conservative analysis and 2.28 ind/km<sup>2</sup> for the optimistic analysis. A low connection was found with R<sup>2</sup> 0.139 between catch rates and environmental parameters, indicating that environmental factors do not adequately explain direct the abundance of peccary at a local scale.

**Keywords:** Camera-traps, potential distribution, relative abundance.

## INTRODUCCIÓN

Los pecaríes constituyen parte importante de la biomasa animal terrestre en los bosques neotropicales y son una fuente importante de proteína para las comunidades rurales e indígenas en el Neotrópico (Fang *et al.*, 2008).

El pecarí es un mamífero de amplia distribución geográfica, desde el suroeste de Estados Unidos hasta el norte de Argentina. En México, esta especie se distribuye ampliamente, especialmente a lo largo de las tierras bajas tropicales y subtropicales de ambos litorales y la península de Yucatán, exceptuando la Península de Baja California, las regiones del altiplano, partes de la Sierra Madre Occidental, el Eje Neovolcánico y el norte de la Depresión del Balsas (Góngora *et al.*, 2011).

Además, esta especie tiene importancia ecológica como dispersora de semillas y forma parte de la trama alimenticia como herbívoros y presas. Por otro lado, en la mayoría de las especies de mamíferos los estudios sobre la dinámica poblacional están en función de la densidad poblacional, la estructura de edades (Naranjo *et al.*, 2002). Dentro de estos tópicos, la estimación de su abundancia densidad y como usa el hábitat, es de importancia, ya que son esenciales para manejar y conservar a la especie tanto a nivel local como regional. Una prioridad de investigación aplicada es la generación permanente de información regional del estado que presentan sus poblaciones (Bodmer y Sowls, 1993).

## **JUSTIFICACIÓN**

Aunque el pecarí de collar es una especie de amplia distribución y de su importancia ecológica, económica y cultural (Ojasti, 2000; Cabrera y Montiel, 2007), se carece de un diagnóstico sobre el estatus que presentan las poblaciones en el estado, por lo que es necesario estimar abundancia, estructura poblacional, y factores ambientales a los que se asocia, además de entender como los factores ambientales y climáticos influyen en la distribución y abundancia poblacional. En este estudio se plantea determinar la estructura poblacional, su abundancia y densidad, evaluando también la relación entre la aptitud ambiental y los parámetros poblacionales.

## ANTECEDENTES

### 2.1 Origen del pecarí

Evidencia fósil sugiere que la diversificación del pecarí ocurrió en América del Sur durante el Mioceno temprano, hace alrededor de 22 millones de años (Prothero y Grenader 2012). Sin embargo, se sugiere que los pecaríes existentes debieron llegar a América del Sur hace más de 10 millones de años, entrando en conflicto que las migraciones de fauna del Cenozoico tardío entre el norte y América del Sur (Gran Intercambio Americano) comenzó en después de la formación de Istmo de Panamá hace alrededor de 3 millones de años (O'Dea *et al.*, 2016; Woodburne, 2010).

### 2.2 Taxonomía Familia Tayassuidae

Actualmente no se tiene consenso sobre la taxonomía y relaciones filogenéticas entre los miembros de la familia Tayassuidae. En la taxonomía clásica se describieron a las tres especies de pecaríes en dos géneros, *Tayassu pecari*, *Pecari tajacu* (Jones *et al.*, 1992) y *Catagonus wagneri* (Wetzel, 1977).

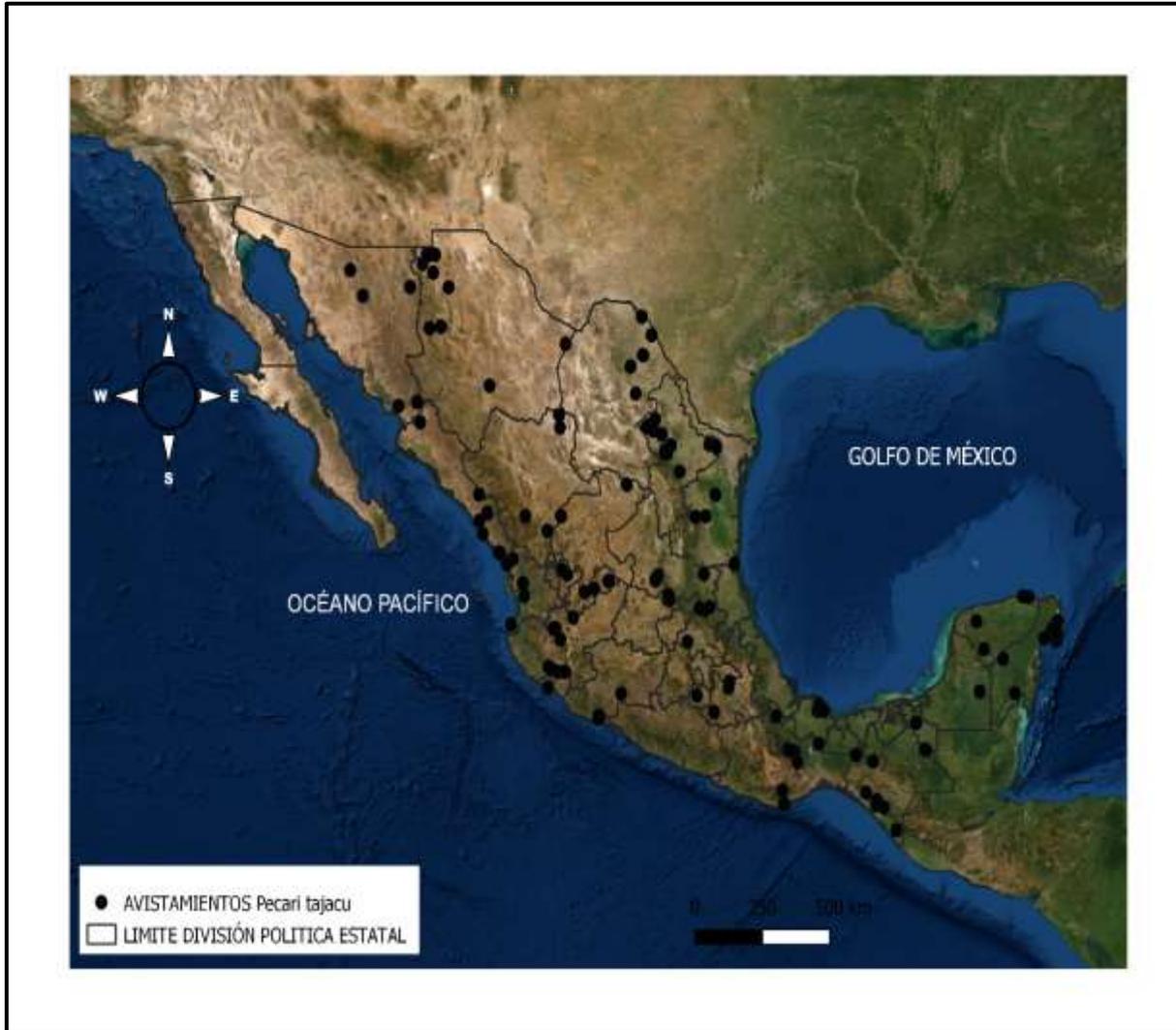
Desde el siglo XVIII hasta principios del siglo XX, se crearon varios géneros, la mayoría de ellos sin una designación, debido a las diferentes opiniones sobre si las dos especies debían incluirse en un solo género o correspondían a géneros separados, a uno de los dos taxones, la validez de los nombres genéricos específicos oscilo hasta hace poco (Gasparini 2007). El nombre *Dicotyles* (Cuvier, 1816), se ha utilizado ampliamente hasta hace poco y recientemente fue considerado sinónimo de Pecarí Reichenbach, 1835. Su validez permaneció como uno de los problemas de nomenclatura más difíciles entre los mamíferos. Si bien Grubb (2005) y los autores más recientes siguieron el uso actual de Pecarí, en una lista taxonómica de mamíferos de México, Ramírez-Pulido *et al.*, (2014) plantea el uso del género *Dicotyles* para los pecaríes de collar y se sostiene el nombre genérico para el pecarí de labios blancos como *Tayassu* (Fisher, 1984), mientras que *Dicotyles* (Curver, 1816) es el género válido para el pecarí de collar (Ramírez-Pulido *et al.*, 2014).

### **2.3 Distribución**

En México *D. pecari* tiene una distribución desde la frontera de Texas, Arizona y Nuevo México al sur a lo largo de ambas costas y al este-oeste de la Sierra Madre del sur y occidental, hasta los estados del sur y la península de Yucatán (Góngora *et al.*, 2011) (Figura 1 indica distribución del pecari a lo largo de la República Mexicana). Recientemente se reportó en el estado de Morelos en el centro de México (Mason Romo *et al.*, 2008). Además de México se distribuye en Centro América y hasta el noreste de Argentina.

Habita bosques tropicales espinosos, bosques tropicales perennifolios y subperennifolios (Starker, 2000).

*D. tajacu* ha sido registrado en México desde el nivel el mar hasta los 3000 msnm, aunque predominan los registros desde el nivel del mar hasta los 800 msnm (March y Mandujano, 2005).



**Figura 1.** Distribución observada de *Dicotyles tajacu* en México en el periodo anual 2010-2020 (Registros tomados de GBIF).

## **2.4 Descripción**

### **2.4.1 Pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*)**

El pecarí de collar es el taxa más pequeño de la familia Tayassuidae, es robusto, presenta una longitud corporal que va de 92.5 a 103 cm, y rangos del peso corporal de los adultos de 15 a 28 kg (Sowl, 1997). Presenta cola vestigial y cabeza grande, la nariz termina en un disco nasal, las extremidades son cortas, delgadas y terminan en pezuñas, las anteriores presentan cuatro dígitos y las posteriores tres (March y Mandujano, 2005).

La coloración del pelaje varía de grisácea a negra en las extremidades y tronco, es pálida en el vientre y la punta de las orejas y poseen una franja amarillenta o blanquecina a manera de collar en ambos lados del cuello en adultos (March y Mandujano, 2005). Los neonatos y juveniles hasta un año de edad son rojizos, y gradualmente se tornan grisáceos al crecer. Los pecaríes tienen un par de colmillos largos que crecen hasta 41 mm de longitud y que ocupan para excavar agujeros y como armas de defensa (March y Mandujano, 2005).

### **2.4.2 Hábitat**

*D. tajacu* es considerada como generalista en cuanto al hábitat (Peres, 1996, Sowls, 1997; Beck, 2006; Richter, 2012) ya que habita tanto en vegetación tropical húmeda que incluye bosque tropical perennifolio, subperennifolio o subcaducifolio, hasta ambientes más áridos o semiáridos como el bosque espinoso, matorral xerófilo, pastizales y vegetación secundaria (Sowls, 1997)

### **2.4.3 Dieta**

El pecarí de collar es omnívoro, su dieta varía por tipo de hábitat con tendencia de consumo de raíces durante la época seca y de hojas y frutos durante la época de lluvias (March y Mandujano, 2005). En regiones áridas las cactáceas predominan en su dieta (Sowls, 1997; Mandujano y Martínez-Romero, 2002). En el sur de Texas, Arizona y Sonora las especies suculentas del género *Opuntia* y *Agave lechuguilla* son componentes centrales de la dieta (Bissonette, 1982). En bosques tropicales de Jalisco la dieta consiste en 46-50% de raíces y 39-43% de follaje, solo el 10% de frutos (Martínez Romero y Mandujano, 1995).

#### **2.4.4 Reproducción y longevidad**

Los machos maduran sexualmente entre los 10 y 11 meses, declinando su producción de esperma a los siete años. Las hembras adquieren la madurez al año y permanecen reproductivas hasta su muerte en vida libre, con un estro que dura de tres a cinco días y ocurre en ciclos de 22 a 24 días durante todo el año; con período de gestación entre 141 a 151 días (March y Mandujano, 2005). Los nacimientos ocurren en cualquier época del año, sin embargo, el 75% ocurre durante los meses de junio, julio y agosto en ambientes áridos y semiáridos (Neal, 1959). El tamaño de camada en general es 2 crías (Sowls, 1984). Los recién nacidos son amamantados de 6 a 8 semanas y se quedan con la madre hasta los 3 meses de edad, son precoces y pesan entre 600 y 700 gr y pueden seguir a la madre desde el momento de su nacimiento (Sowls, 1984).

Al segundo o tercer día, los recién nacidos se reúnen con el resto de la piara (Bodmer, 2004). Se estima la longevidad promedio en medio silvestre entre siete y diez años (Day, 1985), mientras que en cautiverio viven un máximo de 24 años (March y Mandujano, 2005).

#### **2.4.5 Comportamiento**

*D. tajacu* es una especie social y vive en piaras o grupos, cuya conformación y tamaño puede cambiar durante el año (Sowls, 1997). Generalmente forman piaras pequeñas, pero pueden alcanzar hasta 50 individuos en áreas desérticas del suroeste de Estados Unidos, aunque en bosques tropicales normalmente forman grupos más pequeños (<20) en bosques tropicales (Robinson y Eisenberg, 1985, March, 2005).

En Guarico Venezuela, se han observado grupos grandes temporales (36.6 individuos en promedio y una variación de 6 individuos) que luego se dividen en grupos de hasta 14 individuos el resto del año (Castellanos, 1983). En bosques tropicales deciduos de Chamela, Jalisco se han observado grupos de hasta 12 pecaríes aunque el número frecuente es de 1 a 4 (Mandujano, 1999).

En el Edén, un bosque semideciduo en la península de Yucatán se han observaron grupos de entre 2 y 15 individuos (González Marín *et al.*, 2008), y en Calakmul, el grupo más numeroso fue de 9 individuos (Reyna-Hurtado *et al.*, 2008) en tanto que en un bosque Lacandón, las piaras consistieron en 2 a 15 individuos (Narango, 2002).

Las diferencias en la conformación de las piaras se relacionan con la precipitación (Castellanos, 1983; SOWLS, 1997), por la cobertura vegetal en el hábitat (Bissonette, 1982) y por el apacentamiento, separándose estacionalmente a lo largo del año (Bissonette, 1982; Green *et al.*, 1984). También se han reportado *D. tajacu* solitarios, tanto animales jóvenes como adultos y en su mayoría machos (Neal, 1959; Starker, 2000).

#### **2.4.6 Movimiento**

Los movimientos de pecarí de collar se han descrito en hábitats áridos del suroeste de Estados Unidos, las piaras se mueven principalmente durante el amanecer y el crepúsculo, algunos miembros del grupo se dispersan de forma individual diariamente en un radio de hasta 500 metros. Los pecaríes se han encontrado a distancias de hasta 8 km de donde fueron marcados; sin embargo, puede obedecer a movimientos de dispersión, ya que restringe sus movimientos a un territorio de 5 km<sup>2</sup> (Ellisor y Harswell, 1969; Schweinsburg, 1971).

#### **2.4.7 Ámbito hogareño**

Se han reportado ámbitos hogareños promedio en áreas con pastizales abiertos, bosques de encino y matorral espinoso de 4.8 km<sup>2</sup>, variando de 3.8 hasta 8.3 km<sup>2</sup> (Green *et al.*, 2001; Porter, 2006; Richter, 2012). En Chiapas, México se estimó un ámbito hogareño en 7.3 km<sup>2</sup> para un grupo en el bosque Lacandón (Naranjo, 2002).

Los ámbitos hogareños anuales en Arizona, Estados Unidos, variaron de 0.5 a 3.1 km<sup>2</sup> (Gabor y Hellgreen, 2000). El rango hogareño en un bosque atlántico semideciduo del sureste brasileño varió entre 18.7 a 25.5 km<sup>2</sup> (Keuroghlian *et al.*, 2002). En Perú en un bosque lluvioso se reportó un ámbito hogareño entre 60 y 200 km<sup>2</sup> (Kiltie y Terborgh, 1983). Fragoso (1998), reportó en un bosque lluvioso de la

Reserva Ecológica Isla de Maraca Brasil, un ámbito de 21.8 km<sup>2</sup> para piaras pequeñas (53 individuos) y 109.6km<sup>2</sup> para piaras grandes (130 ind). Para el Parque Nacional Corcovado, Costa Rica, se reporta entre 25 a 32 km<sup>2</sup> en bosque tropical húmedo (Carrillo *et al.*, 2002).

#### **2.4.8 Depredadores**

Los depredadores para *D. tajacu* varían de acuerdo a la región, en áreas tropicales es el jaguar (*Panthera onca*), que lo incluye hasta en 42 % de la dieta (Aranda, 1994). En regiones áridas y semiáridas son los coyotes (*Canis latrans*) y el gato montés (*Lynx rufus*), que depredan a las crías de *D. tajacu* (Knipe, 1957).

#### **2.4.9 Importancia ecológica y económica**

La importancia ecológica se relaciona con el hecho de que modifican el hábitat, dispersan semillas y regulan el reclutamiento, demografía y distribución espacial de plantas (Beck, 2005). *D. tajacu* es considerado como un ingeniero del ecosistema, ya que altera su entorno físico a nivel abiótico y biótico (Jones y Gutiérrez, 2007). Los cambios incluyen sus rascaderos que generan en áreas con o sin humedad, en donde se crean o modifican hábitats para otros organismos (Sowls, 1997; Reider, 2011), como sucede en los cambios de diversidad de anuros en regiones tropicales (Beck *et al.*, 2010). La especie realiza dispersión de semillas mediante tres mecanismos: endozoocoria de semillas pequeñas, expectoración de semillas grandes y epizoocoria (Beck, 2005).

En algunos casos, durante el consumo de semillas de palmas de la familia *Arecaceae*, *D. tajacu* altera la composición física de la semilla, agrietándola con sus fuertes músculos aductores de la mandíbula (Bodmer, 1989b). Lo anterior se relaciona con el reclutamiento, demografía y distribución espacial de plantas, porque al consumir las semillas de plantas los animales las dispersan o afectan su germinación (Keuroghlian *et al.*, 2004; Beck, 2006; Keuroghlian y Eaton, 2008).

Con respecto a la importancia alimenticia en humanos, *D. tajacu* forma parte principal de la dieta de comunidades rurales en los países de América Latina donde se distribuye (Ojasti, 2000; Cabrera y Montiel, 2007). En la Amazonía peruana son

cazados por su carne para alimento o venta en los mercados locales de carne de monte (Bodmer, 1986b). El consumo de carne se sustenta por el aporte de biomasa animal que ofrece en los bosques tropicales (Bodmer, 1989b), con densidades poblacionales de hasta 16 pecaríes por km<sup>2</sup> y peso promedio de 23 kg, estimándose en 368 kg por km<sup>2</sup> (Einsenberg, 1980).

La importancia económica se basa en la cacería cinegética-deportiva y de subsistencia, que son actividades realizadas principalmente por comunidades indígenas o rurales en América Latina (Reyna-Hurtado y Tanner, 2007). Para las regiones de la Altiplanicie Central y las serranías del norte y centro de México, *D. tajacu* destaca entre las 20 principales especies cinegéticas nativas o introducidas de México (Naranjo et al., 2010).

Al administrar las poblaciones de pecarí, las comunidades indígenas o rurales obtienen ingresos económicos por la venta de animales para cacería cinegética, manejo intensivo o realizar prácticas de ecoturismo. Otra forma de aprovechamiento es mediante la exportación de pieles a Europa para la fabricación de guantes y zapatos de alta calidad (Fang et al., 2008).

## **2.5 Estatus**

*D. tajacu* es considerada por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) como una especie de preocupación menor (Góngora et al., 2011), mientras que en México no se encuentra listada en la NOM 059- SEMARNAT-2010, ni en los Apéndices del CITES-UNEP-2011.

## **2.6 Métodos para estimar abundancia**

### **2.6.1 Transectos**

Una forma sencilla de registrar la presencia de especies en un área determinada es mediante observaciones directas a lo largo de transectos establecidos, los cuales se realizan durante el día o la noche, mediante caminatas, a caballo, en vehículo, lancha, etc. (Wilson *et al.*, 1996, Trolle 2003). Sin embargo, la observación directa para muchas especies produce pocos registros, por lo tanto, esta técnica no es muy adecuada con especies crípticas, rara o escasas en vida silvestre, como en el caso grandes carnívoros y algunas de sus presas (Wilson *et al.*, 1996, Karanth y Nichols 2002, Karanth *et al.*, 2004a).

### **2.7.2 Rastros, huellas y excretas**

Los rastros, huellas y excretas son registros valiosos y económicos, ya que en la mayoría de los casos permiten identificar al mamífero hasta nivel de especie. Cuando se trata de huellas se considera su tamaño y forma, y en el caso de los excrementos se considera su tamaño, forma, color, constitución, presencia de pelos, fragmentos de huesos (Aranda, 2000).

Otros rastros pueden ser marcas de garras en los árboles o rascaderos en el suelo en el caso de los grandes felinos (Shaw, 1990; Aranda, 2000), árboles tallados con las astas en el caso de los cérvidos (Buenrostro-Silva *et al.*, 2008), o las madrigueras en el caso de los armadillos y tejones (Aranda, 2000; Arteaga y Martins-Venticinque, 2008). La colecta e identificación de rastros se logra mediante recorridos a pie en el área de estudio, por lo que es necesario llevar yeso, plantillas y/o cámara fotográfica para la colecta de las huellas, así como bolsas de papel estraza para coleccionar las excretas (Aranda, 2000).

### **2.7.3 Cámaras trampa**

La estimación de la abundancia relativa mediante cámaras trampa ha demostrado ser confiable y muy informativa ya que proporciona el número de individuos y características como la composición de las poblaciones, patrones de actividad e interacciones ecológicas. Permite comparar periodos y áreas determinadas, todo en

conjunto proporciona información fundamental para conservación de las especies y sus hábitats (O'Connell, 2006).

## **2.8 Estimación de abundancia**

Las estimaciones de abundancia se generaban anteriormente mediante huellas y actualmente con fototrampeo. Los estudios de estimación de abundancia del pecarí mediante huellas y excretas en transectos han mostrado diferentes resultados en algunas regiones de la distribución de la especie (Apéndice I). Por ejemplo en la Reserva de la Biosfera de Montes Azules, Chiapas se ha reportado una estimación de 6.0 huellas/100 km (Rodríguez-García y Naranjo-Piñero, 2004). En la Sierra Norte de Oaxaca las tasas se estimaron en  $1.62 \pm 3.25$  rastros/km en ambientes conservados, y de  $2.19 \pm 4.05$  rastros/km en ambientes perturbados para la época seca (Monet, 2006). Para la Reserva de la Biosfera "La Sepultura" (Chávez-Hernández *et al.*, 2011) se estimó abundancias muy bajas con 0.004 a 0.215 huellas/km, así como 0.0004 a 0.0007 para la Reserva de la Biosfera del Ocote, Chiapas (Álvarez-Vilchis y Cruz-Aldan, 2004).

Para bosque templado de la Reserva de la Biosfera "El Triunfo" la abundancia se estimó en 0.13 rastros/km (Lira-Naranjo, 2003) y 0.312 y 0.81 rastros/km (Monet, 2006). Así como para la Guyana colombiana se reporta 0.24 ind/km (Gómez-Valencia y Montenegro, 2012).

Por otro lado, se han obtenido en distintas regiones de México mediante el uso de cámaras trampa. Para el estado de Michoacán se documentaron tasas de captura desde 14.3 registros/100 días-trampa hasta 28.5 registros/100 días-trampa para el municipio de Arteaga (Charre-Medellin, 2012). Para el estado de Yucatán se ha estimado distintas tasas, desde 15.4 ind/100 días-trampa, a 11.43 ind/100 días-trampa para la época seca y 3.72 ind/100 días-trampa para la época lluviosa (Hernández-Pérez *et al.*, 2015).

En Oaxaca se han calculado en 2.62 ind/100 días-trampa, variando estacionalmente con promedios de 1.81 ind/ 100 días-trampa en lluvias y 2.47 ind/100 días-trampa en secas (Cortés-Marcial y Briones-Sala, 2014). En Tuxpan, Veracruz se han estimado tasas de 0.26 ind/100 días-trampa (CONAMP, 2011), y

de 0.020 ind/100 días-trampa (Lazcano-Barrero,2010), y para Calakmul en Campeche en 0.151 ind/100 días-trampa (Chávez, 2006). En Talamanca, Costa Rica, se estimó en 7.4 ind/100 días-trampa (González-Maya, 2007), y en Bosque tropical en Bonampak en Selva Lacandona, Chiapas tasas de 6.17 ind/100 días-trampa (Tierra Verde Naturaleza y Cultura A.C, 2011).

### **2.8.1 Tamaño de piaras**

Los estudios de estimación del tamaño de las piaras, para Chamela, Jalisco reportan una variación de 4.9 a 7.0 ind/piara (Mandujano y Martínez-Romero,1991). Adicionalmente, se ha observado una variación de 2 y 12 ind/piara, como resultado de los cambios estacionales y espaciales del alimento, cobertura, agua y riesgo de depredación (Mandujano, 1999).

### **2.8.2 Densidad**

La densidad poblacional para el bosque tropical caducifolio de Quintana Roo se ha estimado en 61.6 ind/km<sup>2</sup> (Quijano-Hernández, 1998). el bosque tropical caducifolio de Chamela, Jalisco se registró entre 4.9 y 7.5 ind/km<sup>2</sup>, y las menores densidades se estimaron entre 0.67 a 1.0 y 2.8 a 4.1 ind/km<sup>2</sup> (Mandujano, 1999, 2007).

Lira-Torres y Naranjo-Piñero (2003) estimó la densidad en 1.19 ind/km<sup>2</sup> para terrenos comunales en bosque mesófilo de montaña de Reserva de la Biosfera “El Triunfo” en Chiapas. En la región Lacandona se calcularon densidades 1.53 ind/km<sup>2</sup> y 1.15 ind/km<sup>2</sup> entre sitios de baja y alta intensidad de caza respectivamente (Naranjo y Bodmer, 2007). Mientras que en la península de Yucatán se estimó una densidad de 1.9 ind/km<sup>2</sup> en el Edén (González Marín et al., 2008) y Pacheco (2004) estimaron menor densidad con 0.155 ind/km<sup>2</sup>.

## **2.9 Nicho ecológico y el modelado de distribución de especies (MDE)**

De acuerdo con Grinnell (1914a) el nicho ecológico de cualquier especie puede ser definido como las variables y condiciones ambientales fundamentales y no interactivas importantes para conocer las propiedades geográficas y ecológicas de una especie dentro de un contexto amplio. En la última década se produjo avance en los métodos que permiten delimitar espacialmente el concepto de nicho mediante modelos que predicen la distribución potencial de las especies, gracias a lenguajes de programación, la difusión de información geoespacial y el desarrollo de las técnicas de sistemas de información geográfica (Scott *et al.* 2002).

Un método muy utilizado es el de la modelación del nicho ecológico (Peterson, 2001), que son modelos de distribución de especies (MDE) y son representación espacial de diversas características del nicho de las especies. Estos modelos son herramientas matemáticas y estadísticas que permiten representar predicciones difíciles de apreciar por otros medios ya que permiten analizar la relación entre factores ambientales, la presencia, presencia-ausencia o abundancia de las especies; relacionan las observaciones de campo con variables ambientales predictivas, basadas en una respuesta estadística o teórica (Guisan y Zimmermann 2000). Estos MDE se usan para la conservación, evaluando especialmente el impacto provocado por el cambio de uso de suelo sobre la distribución de mamíferos y aves endémicos o en riesgo (Sánchez Cordero *et al.* 2005; Peterson *et al.* 2006; López-Arévalo *et al.* 2011).

### **2.9.3 Maxent**

Maxent es un algoritmo que permite examinar las áreas de ocurrencia potencial de las especies mediante el despliegue espacial de áreas a partir de datos de presencia, mostrando un alto desempeño en contraste con técnicas tradicionales como la regresión logística y otros clasificadores (Elith *et al.* 2006).

Maxent se fundamenta en el concepto de máxima entropía, utiliza una aproximación para predecir a partir de información incompleta. Estima la distribución más uniforme (concepto de máxima entropía) a lo largo del área de estudio con la

restricción de que el valor esperado para cada variable ambiental en una distribución concuerda con su promedio empírico (valores promedio para el conjunto de datos de ocurrencia) (Phillips et al. 2006). Maxent pondera cada variable ambiental al multiplicarla por una constante y la divide posteriormente para asegurar valores de probabilidad entre 0 y 1.

El programa inicia con una distribución uniforme de probabilidades e iterativamente altera el peso de una variable a la vez para maximizar la similitud de los datos de ocurrencia, otorgando a cada valor de la variable un peso relativo al número total de puntos de presencia que contiene. El algoritmo está garantizado para converger en la distribución probabilística óptima, y dado que no aleatoriza los resultados estos son determinísticos.

Las predicciones de Maxent para cada celda analizada hacen referencia a valores acumulativos, representando un valor de probabilidad para la celda en cuestión y todas aquellas con valores iguales o menores de probabilidad. Una celda con valor de 100 es la más apta, mientras que celdas con valores menores decrecen en cercanos a 0 son menos aptas dentro del área de estudio. Un valor alto en una celda indica condiciones muy favorables para la presencia de la especie, por lo que el modelo expresa el valor de idoneidad para la especie en un área (Phillips *et al.*, 2004).

El programa proporciona las curvas de respuesta de la especie ante las distintas variables ambientales y estima la importancia de cada variable para la distribución de la especie (Phillips *et al.*, 2006).

Algunas de las ventajas y requerimientos de Maxent son: 1) requiere datos biológicos de presencia, y del conjunto de variables ambientales, 2) puede usar tanto datos continuos como categóricos y puede incorporar interacciones entre distintas variables, 3) utiliza algoritmos que han sido desarrollados para garantizar convergencia en una óptima (entropía máxima) distribución probabilística y 4) la distribución probabilística de Maxent tiene una definición matemática concisa (Phillips *et al.*, 2006).

El modelo de distribución potencial del pecarí, en combinación con sus estimaciones poblacionales, nos permitirán examinar su estatus y serán útiles proporcionando un diagnóstico de la situación general de las poblaciones de la especie y a qué grado sus abundancias podrían estar determinadas por su relación con parámetros ambientales.

#### **2.9.4 Estudios sobre distribución potencial en la especie**

Ceballos *et al.*, (2006) generaron un modelo de distribución potencial de *Tayassu tajacu* o *D. tajacu* (Pecarí de collar) para la República Mexicana, empleando el algoritmo GARP. El modelo fue generado a partir de localidades de registro a nivel nacional y 19 coberturas climáticas digitales WorldClim ([www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)), representado como un mapa ilustrando niveles de consenso, en el que las áreas con mayor posibilidad de encontrar las condiciones favorables para la especie presentan un valor más alto. Los resultados muestran al pecarí con amplia distribución potencial, destacando como zonas con mayor aptitud de condiciones a las zonas centro y sur de la república. Para el estado de Michoacán, el modelo muestra una distribución uniforme y extensa que incluye casi la totalidad del estado. Sin embargo, hasta ahora existen pocos estudios en el que se haya modelado la distribución de la especie a una escala estatal, existiendo estimaciones a nivel nacional o para algunas regiones de México. (Apéndice IV).

Ortíz-García *et al.*, (2012) modelaron la distribución potencial de ungulados silvestres para la Reserva de Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, considerando una superficie de 4,906 km<sup>2</sup> como área a modelar. El intervalo de altitud considerado fue de los 600 a los 2,950 msnm, con temperatura media anual entre los 18° y 22° C, y máxima de 24.5° C en Cuicatlán. La precipitación promedio anual de la región estudiada varía de los 250 a 500 mm, con la época de lluvias entre junio y septiembre. El modelo se basó en registros de pecarí de collar, temazate rojo y venado cola blanca obtenidos de la base de datos nacionales e internacionales (Unidad Informática para la Biodiversidad [UNIBIO, [www.unibio.unam.mx](http://www.unibio.unam.mx)]; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO, [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)]; Global Biodiversity Information Facility [GBIF, [www.gbif.org](http://www.gbif.org)];

Mammal Networked Information System [MaNIS, [www.manisnet.org](http://www.manisnet.org)], así como de literatura, artículos, tesis y/o trabajos con registros que proporcionaran coordenadas o incluyeran datos de localidades de presencia de la especie. Para el pecarí de collar dispusieron de 59 registros que incluyó datos de trabajo de campo y colecciones, estimado el modelo que el 99% del área estudiada tiene características climáticas adecuadas. Sin embargo, al considerar el uso y vegetación de la zona, esta área potencial se redujo al 78%.

Otro modelo efectuado a escala regional es el de Yañez-Arenas *et al.*, (2012) quienes generaron un modelo de nicho ecológico para el pecarí en la región Bajo Balsas, Michoacán empleando el software Maxent 3.3.3a. El intervalo de altitud considerado fluctuó de los 100 a los 1,800 msnm. La precipitación promedio anual fluctúa de los 600 a los 900 mm en la mayor extensión, con mínimos de 530 mm, y máximos de 1,300 mm en ciertas zonas. Las temperaturas oscilan entre los 13 y los 45 °C. Los autores utilizaron 37 registros tanto de campo como de datos históricos de la Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad (REMIB), el Global Biodiversity Information Facility (GBIF) y Mammal Network Information System (MaNIS). También utilizaron seis variables climáticas descargadas de WorldClim (temperatura promedio anual (bio1), rango diurno de la temperatura (bio2), precipitación anual (bio12), precipitación del mes más seco (bio14), estacionalidad de la precipitación (bio15) y precipitación del cuarto del año más frío (bio19), además de variables topográficas (elevación, pendiente y orientación de las laderas) derivadas del modelo de elevación SRTM (<http://srtm.csi.org>). Como resultado obtuvieron 5,762 Km<sup>2</sup> (9.6% del territorio estatal) y donde registraron las mayores incidencias en selva baja caducifolia y bosque pino-encino indicando que la especie pierde considerablemente el área de su distribución potencial debido al efecto de cambio en la cobertura del suelo.

Rocha-Serrato (2019) modeló la distribución del pecarí para el estado de Michoacán mediante el algoritmo Maxent, utilizando 8 de las 19 variables climáticas de Worldclim, y 102 coordenadas únicas obtenidas mediante fototrampeo. Como resultado, se obtuvo una distribución potencial de 13,315 Km<sup>2</sup> (22% del territorio

estatal), resaltando las regiones de la Sierra Madre del sur y la Región del Balsas con la aptitud potencial y las mayores extensiones, siendo los municipios de Coahuayana, Aguililla, Apatzingán y Mujica los de mejor aptitud climática para su distribución.

### 3. OBJETIVOS

#### Objetivo general

- Estimar abundancia, densidad aparente y estructura poblacional de pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*), examinando los parámetros de abundancia con un modelo de aptitud ecológica para Michoacán.

#### Objetivos particulares

- Estimar la abundancia relativa del pecarí de collar en el estado y para las regiones en su distribución observada.
- Estimar la densidad aparente de grupos selectos de pecarí y su variación entre regiones y años.
- Determinar la estructura poblacional (proporción de adultos, juveniles y crías) del pecarí de collar, y como su estructura varía entre épocas.
- Estimar la época reproductiva del pecarí de collar para Michoacán.
- Generar un modelo actual de distribución potencial para el pecarí en Michoacán, examinando los sitios de muestreo con las variables ambientales y su posible correlación con la abundancia local de la especie.

## 4. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1 Descripción del área de estudio

El estado de Michoacán está situado en la región centro-occidente de la República Mexicana, se localiza entre las coordenadas 20° 24' y 17° 55' de latitud Norte; y los 100° 04' y 103° de longitud Oeste. Abarca 59,864 Km<sup>2</sup> de extensión y equivalente al 3 % del territorio del país, y se divide en 113 municipios (INEGI, 2007).

### 4.2 Regiones fisiográficas

Para el estado de Michoacán se reconocen cinco regiones fisiográficas (CONABIO, 2005) (Figura 2).

#### **Planicie costera**

La Planicie Costera del Pacífico con una estrecha franja entre el Océano Pacífico y la Sierra Madre del Sur, región con menor extensión con 782 km<sup>2</sup> y una amplitud media de 3 km<sup>2</sup>, y con alturas máximas de 60 msnm (Bocco *et al.*, 1999; Correa, 2003).

La temperatura media anual es de 28°C, las máximas extremas pueden llegar hasta los 38°C y las mínimas no son menores a los 12°C. La precipitación media anual varía entre los 600 a 800 mm, con un régimen de lluvias en verano, y una estación seca bien marcada entre los meses de noviembre a mayo. La humedad relativa es superior al 70%, por lo que el clima es del tipo cálido subhúmedo (Awg). El tipo de vegetación más difundida es el Bosque Tropical Caducifolio y Bosque Tropical Subcaducifolio (Rzedowski, 1981).

#### **Sierra Madre del Sur**

La Sierra Madre del Sur, se extiende unos 200 km a lo largo del estado y cubre una superficie aproximada de 13 000 km<sup>2</sup>, con una anchura de casi 100 km y una altitud promedio de 2000 metros. Presenta grietas y fallas al ser una zona de gran actividad tectónica (CONABIO, 2007). Los principales tipos de vegetación en son los bosques de coníferas puras, bosques mixtos de pino-encino y bosques de

encino, mientras que en las partes bajas se distribuye bosque tropical caducifolio y bosque tropical subcaducifolio (Rzedowski, 1981).

### **Bajo Balsas**

El Bajo Balsas, tiene una superficie aproximada de 14,000 km<sup>2</sup> y presenta una característica fisiográfica particular por ser la única depresión tropical interior del país, donde los cambios de altitud son notables propiciando la formación de cañadas y cambios en la cobertura vegetal (Bocco *et al.*, 1999; SEMARNAT y CONAGUA, 2007). El clima es Aw, clasificado como tropical lluvioso, con lluvias predominantes en el verano (Antaramian 2005). Los tipos de vegetación predominante en manchones de selva baja subcaducifolia y caducifolia, bosques espinoso y de pino-encino (Rzedowski, 1981).

### **Sistema Neovolcánico Transversal**

Este sistema cubre una superficie de 27,500 km<sup>2</sup> con al menos 50 volcanes que superan los 2,700 metros de altitud; destacando el Pico de Tancítaro, Patamban, y Nahuatzen. Esta zona también presenta numerosos valles y cuencas donde se localizan los principales lagos del estado Pátzcuaro, Zirahuén y Cuitzeo. Por último, la Depresión del Lerma, con 4,100 km<sup>2</sup> de extensión, limitada al sur por el Sistema Volcánico Transversal, y conformada por grandes planicies separadas por algunos lomeríos a distintas altitudes. Con vegetación predominante de pino y pino-encino (CONABIO, 2007).

### **Bajío**

La región del bajío cubre una extensión de 4,100 km<sup>2</sup> y está limitada al sur por el Sistema Volcánico Transversal, se encuentra conformada por grandes planicies separadas por algunas eminencias situadas a distintas altitudes (CONABIO, 2007). Se reconoce los siguientes tipos de vegetación de mayor importancia: bosque de oyamel, bosque de pino, bosques de encino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, pastizal, bosque de galería (Rzedowski, 1978).

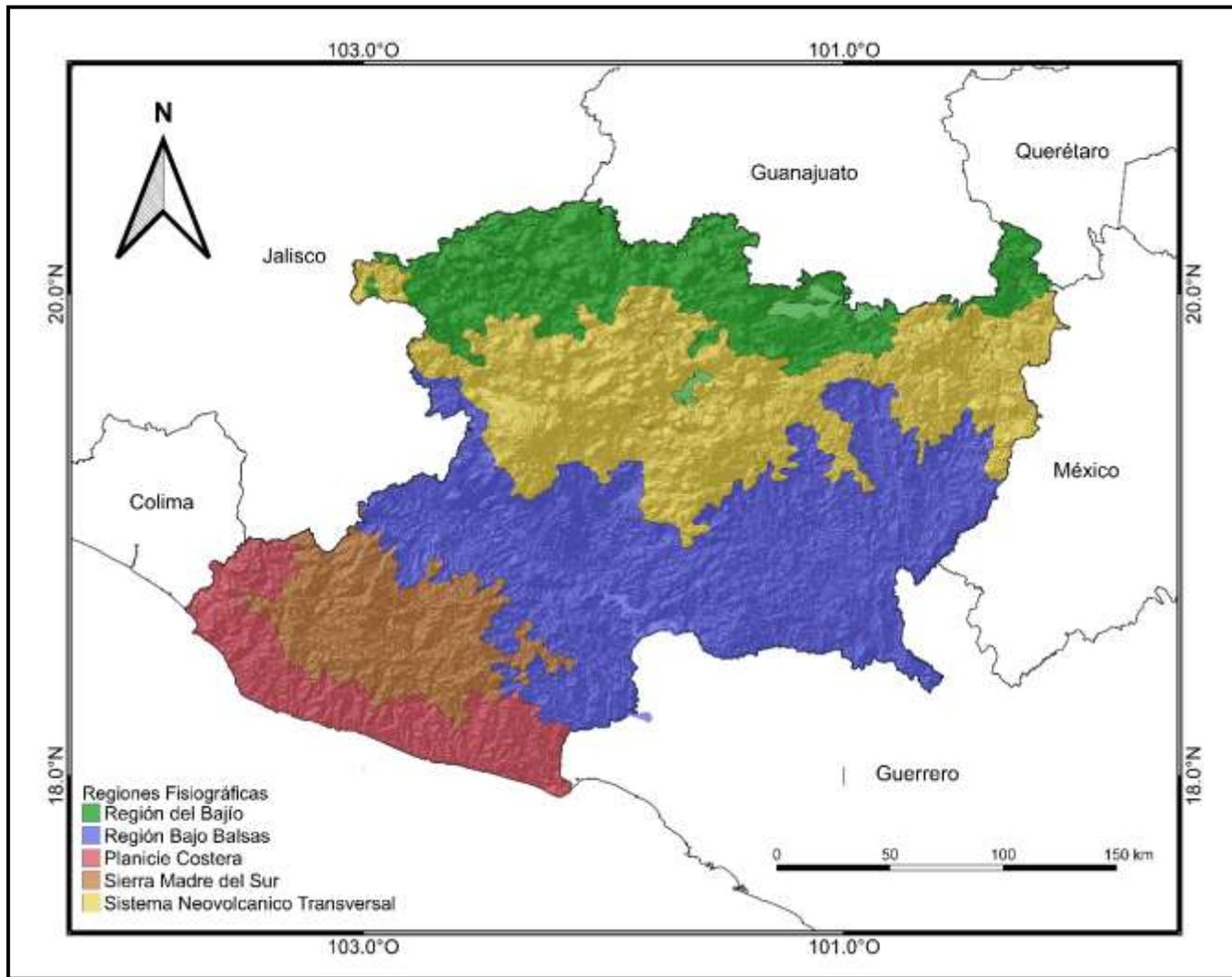


Figura 2. Regiones fisiográficas de Michoacán, CONABIO, 2005.

## 5. LITERATURA CITADA

- Álvarez-Vilchis, C. y E. Cruz-Aldán. 2004. Abundancia del *Pecari tajacu* Artiodactyla en la Reserva de la Biosfera "Selva el Ocote". 103-104 p. En *Mem. VII Congreso Nacional de Mastozoología. San Cristóbal de las Casas Chiapas*.
- Antaramian, E. 2005. El clima. In: La Biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado, L. E. Villaseñor-Gómez y O. A. Leal-Nares (eds.). Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, Gobierno del estado de Michoacán, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente y Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. p. 25-28
- Aranda, M. 2000. *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. Conabio. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México.
- Arteaga, M.A. & E. Martins-Venticinque. 2008. Influence of topography on the location and density of armadillo burrows (Dasypodidae: Xenarthra) in the central Amazon, Brazil. *Mammalian Biology* 73:262-266.
- Beck, H, Thebpanya, P. & M. Filiaggi. 2010. Do Neotropical peccary species (Tayassuidae) function as ecosystem engineers for anurans? *Journal of Tropical Ecology* 26:407-414.
- Beck, H. 2005. Seed predation and dispersal by peccaries throughout the Neotropics and its consequences: a review and synthesis. *In*: P.M. Forget, J.E. Lambert, P.E. Hulme y S.B. Vander Wall (eds.) *Seed fate: Predation, dispersal, and seedling establishment*. University Press. Cambridge, United Kingdom. 426 p.
- Beck, H. 2006. A review of peccary–palm interactions and their ecological ramifications across the Neotropics. *Journal of Mammalogy* 87(3): 519-530.
- Bissonette, J.A. 1982. Social behavior and ecology of the collared peccary in Big Bend National Park. National Park Service Scientific Monograph Series 16. Washington, DC. USA. 85 p.
- Bocco G., M.E. Mendoza, A. Velázquez y A. Torres. 1999. *La regionalización geomorfológica como una alternativa ecológica en México, el caso de Michoacán de Ocampo*. Investigaciones Geográficas, Boletín 40.

- Bodmer, R., T. Fang, P. Puertas y R. Acero. 2004b. Certificación de pieles de pecaríes (*Tayassu tajacu* y *Tayassu pecari*): Una estrategia para la conservación y manejo de fauna en la Amazonia peruana. DICE, WCS e INRENA. Technical report. 140 pp
- Bodmer, R.E. 1989b. Ungulate biomass in relation to feeding strategy within Amazonian forests. *Oecologia* 81: 547-550
- Borner R. E. & L. K. Slows. 1993. The collared peccary (*Tayassu tajacu*). Pp. 7-13, en: Pigs, Peccaries and Hippos. Status survey and Conservation Action Plan (W Oliver, ed.). UICN/SSC Pigs and Peccaries Specialist Group and UICN/SSC. Gland, Switzerland.
- Buenrostro-Silva, A., S. Gallina y G. Sánchez-Rojas. 2008. Los talladeros de machos de venado cola blanca *Odocoileus virginianus mexicanus* (Gmelin, 1788) y su ubicación para definir sitios reproductivos. Pp. 219-238 en: C. Lorenzo, E. Espinoza y J. Ortega (eds). *Avances en el estudio de los mamíferos de México II*. Asociación Mexicana de Mastozoología. México
- Bustamante, A.H. Densidad y uso de hábitat por los felinos en la parte sureste del área de amortiguamiento del parque nacional Corcovado Península de Osa, Costa Rica. Tesis Maestría. Universidad Nacional. Costa Rica. 142pp.
- Cabrera, M.F. y S. Montiel. 2007. Diagnóstico preliminar de los recursos silvestres usados por los Mayas de dos comunidades costeras de Campeche, México. *Universidad y Ciencia* 23(2): 127-139.
- Carrera-Treviño, R., Lira-Torres, I., L. Martínez-García., y M., López-Hernández. 2016. El jaguar *Panthera onca* (Carnivora: Felidae) en la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*. 64(4):000-000.
- Carrillo, E., J. C. Saenz & T. K. Fuller. 2002. Movements and activities of white-lipped peccaries in Corcovado National Park, Costa Rica. *Biological Conservation* 108:317-324.
- Castellanos, H.G. 1983. Aspectos de la organización social del báquiro de collar *Tayassu tajacu* en el estado de Guárico, Venezuela. *Acta Biológica Venezolana* 11:127-143.

- Ceballos, G., S. Blanco, C. González, y E. Martínez. 2006. *Tayassu tajacu* (Pecarí de collar). Distribución potencial, escala: 1:1000000. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/tay\\_tajagw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html.xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/tay_tajagw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no)
- Charre- Medellín, J.F. 2012. Uso de manantiales por los mamíferos silvestres en bosques tropicales de Michoacán. Tesis de Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 89pp.
- Charre-Medellín, J.F. 2009. Distribución y diversidad de mamíferos medianos y grandes en el Municipio de Arteaga, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 117pp.
- Chávez –Hernández, C., Acuña-Moguel, J., González- Galván, M. y Andrade-Guiris, M. D. 2011. Abundancia de tres ungulados en la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” Chiapas, México. Theyra Asociación Mexicana de Mastozoología A.C.
- Chávez, C. y H. Zarza. 2009. Distribución potencial del hábitat del jaguar y áreas de conflicto humano-jaguar en la Península de Yucatán. *Revista Mexicana de Mastozoología* 13:46-62.
- Chávez-Tovar, C. 2006. Ecología poblacional y conservación del jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Calakmul, Campeche. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2005. *La Biodiversidad en Michoacán, Estudio de Estado*. Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2007. *Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Diversidad Biológica de Michoacán. México*.
- CONAMP. 2011. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Monitoreo de Jaguar (*Panthera onca*) en la Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales).

- Correa P.G. 2003. *Atlas Geográfico del Estado de Michoacán*. EDDISA, Morelia, Michoacán.
- Cortés-Marcial, M., y Briones-Salas, M. 2014. Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*. 64(4):1433-1448.
- Cuvier, G. 1816 *Le règne animal distribué d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée. Vol. 1. Les mammifères et les oiseaux*. A. Belin, Paris, xxxvii, 540 pp.
- Day, G. I. 1985. *Javelina research and management in Arizona*. Phoenix: Arizona Game and Fish Department, Phoenix, EUA.
- Einsenberg, J.F. 1980. The density and biomass of tropical mammals. Pp. 35-55. *In*: M.E. Soulé y B.A. Wilcox (eds). *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. Sinauer Associates Inc. Massachusetts. USA. 395 p.
- Elith, J., H. Graham, C., P. Anderson, R., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., J. Hijmans, R., Huettmann, F., R. Leathwick, J., Lehmann, A., Li, J., G. Lohmann, L., A. Loiselle, B., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., McC. M. Overton, J., Townsend Peterson, A., E. Zimmermann, N. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129–151. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>
- Ellisor, J.E. & W. F. Harwell. 1969. Mobility and home range of collared peccary in southern Texas. *Journal of Wildlife Management* 33:425-427.
- Fang, G.T., Bodmer, E.R., Puertas, E.P., Mayor, A.P., Pérez, P.P., Acero, V.R. y D.T. S. Hayman. 2008. *Certificación de pieles de pecaríes en la Amazonía Peruana*. Ed. Walter H. Wust. Lima, Perú. 202 p.
- Fragoso, J.M.V. 1999. Perception of scale and scale and resource partitioning by peccaries: behavioral causes and ecological implications. *Journal of Mammalogy* 80:993-1003.

- Gabor, T.M. and E.C. Hellgreen. 2000. Variation in peccary populations: landscape composition or competition by invader. *Ecology* 81:2509-2524.
- Gasparini, G.M. 2007 Sistemática, biogeografía, ecología y bioestratigrafía de los Tayassuidae (Mammalia, Artiodactyla) fósiles y actuales de América del Sur, con especial énfasis en las especies fósiles de la provincia de Buenos Aires. Ph.D.Thesis, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, 504 pp.
- Gómez-Valencia, B., y Montenegro, O. 2012. Abundancia del Pecarí de Collar (*Pecari tajacu*) en dos áreas protegidas de la Guyana Colombiana. *Mastozoología Neotropical*. Vol.19(2):311-316.
- Góngora, J. & Moran, C. 2005. Nuclear and mitochondrial evolutionary analyses of Collared, White-lipped, and Chacoan peccaries (Tayassuidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 34, 181-189.
- Góngora, J., Reyna Hurtado, R., Beck, H. Taber, A., Altricher, M. y Keuroghlian, A. 2011. *Pecari tajacu*. En IUCN 2020. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020. Consultado el 5 de diciembre de 2020. [www.iucnreslist.org](http://www.iucnreslist.org)
- González Marín, y R. M. Weber. 2008. Densidad y distribución de ungulados silvestres en la Reserva Ecológica El Edén, Quintana Roo, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24:73-93.
- González-Maya, J.F. 2007. Densidad, uso de habitat y presas del jaguar (*Panthera onca*) y el conflicto en la región de Talamanca, Costa Rica. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.125pp.
- Green, C.M., Harvenson, L.A. & L.E. Loomis. 2001. Habitat selection by collared peccaries in the Trans-Pecos Texas. *The Southwestern Naturalist* 46(2): 246-251.
- Green, E.G., Grant, E.W. & E. Davis. 1984. Variability of observed group sizes within collared peccary herds. *The Journal of Wildlife Management* 48(1): 244-248.
- Grinnell, J. 1914a. An account of the mammals and birds of the lower Colorado valley with special reference to the distributional problems presented. University of California, *Publications in Zoology* 12:51–294.

- Groves, C., & P. Grubb. 2011. Ungulate taxonomy. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 317 pp
- Grubb, P. 1993. Order Artiodactyla in Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference (D. E. Wilson and A. M. Reeder, eds.), Second edition. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 207 pp.
- Grubb, P. 2005. Order Artiodactyla in Mammal species of the world. A taxonomic and geographic reference (D. E. Wilson and D. A. M. Reeder, eds.), Third edition. The Johns Hopkins University Press, Baltimore 743 pp.
- Guisan A. & Zimmermann N.E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological modelling*. 135:147-186.
- Hernández-Pérez, E., Reyna-Hurtado, R., Castillo-Vela, G., Sanvicente-López, M. y Moreira-Ramírez, J. 2015. Fototrampeo de mamíferos terrestres de talla mediana y grande asociados a petenes del noroeste de la Península de Yucatán, México. *Therya*. Vol 6(3): 559-574.
- Hernández-Saint., Martín y Anuar., D. 2013. Patrones de actividad del jaguar, puma y sus presas potenciales en San Luis Potosí, México. *Revista zoológica mexicana*. 2448-8485, 520-533pp.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2007. *Censo Agropecuario: Características del sector agropecuario y forestal en Michoacán. México*.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2005. Conjunto de Datos Vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Serie III, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Ciudad de México, México.
- Jones, C.G. & J.L. Gutiérrez. 2007. On the purpose, meaning, and usage of the physical ecosystem engineering concept. Pp. 3-4. *In*: K. Cuddington, J.E. Byers, W.G. Wilson y A. Hastings (eds.). *Ecosystem engineers: plants to protists*. Academic Press, Burlington. USA. 432 p.
- Jones, J.K., Hoffman, R.S., Rice, D.W. Jones, J., Baker, R.J. & M.D. Engstrom. 1992. Revised checklist of North American mammals north of Mexico. Occasional papers. The Museum, Texas Tech University. No. 146. Texas, USA. 23 p.

- Karanth, K.U. & J.D. Nichols (eds.). 2002. *Monitoring tigers and their prey, a manual for researchers, managers and conservationist in tropical Asia*. Centre or Wildlife Studies, Bangalore, India.
- Karanth, K.U., J.D. Nichols & N.S. Kumar. 2004a. Photographic sampling of elusivemammals in tropical forest. Pp 229-247 en: Thomson W. L. (ed.). *Sampling rare or elusive species*. Island Press. Washington.
- Keuroghlian, A. & D.P. Eaton. 2008. Fruit availability and peccary frugivory in an isolated Atlantic Forest fragment: effects on peccary ranging behavior and hábitat use. *Biotropica* 40(1): 62-70.
- Keuroghlian, A., Eaton, P.D. y W.S. Longland. 2004. Area use by white-lipped and collared peccaries (*Tayassu pecari* and *Tayassu tajacu*) in a tropical forest fragment. *Biological Conservation* 120: 411-425
- Kiltie, R. A., & Terborgh, J. (1983). Observations on the behavior of rain forest peccaries in Perú: Why do white-lipped peccaries form herds? *Zeitschrift für Tierpsychologie*, 62(3), 241–255. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.1983.tb02154.x>
- Knipe, T. 1957. Javelina in Arizona. *Wildlife Bulletin* no. 2. Arizona Game and Fish Department. Arizona. USA.
- Lazcano-Barrero., M.A., & Maderick., C. 2010. El Eden Ecological Reserve and a connectivity vision of ecosystems. Universidad Autónoma Metropolitana-Lerma.
- Lira-Torres, I. y Naranjo-Piñera, E. 2003. Abundancia, preferencia de hábitat e impacto del ecoturismo sobre : el puma y dos presas en la Reserva de la Biósfera «El Triunfo» Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Epoca)*, 7(1), 20.  
<https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2003.7.1.178>
- López-Arévalo, H. F., S. Gallina, R. Landgrave, E. Martínez-Meyer, & L. E. Muñoz-Villers. 2011. Local knowledge and species distribution models contribution towards mammalian conservation. *Biological Conservation*. 144 :1451-1463.
- Mandujano, S. 1996. Aspectos ecológicos del pecarí de collar en un bosque tropical caducifolio de México. 2-10 p. En *Mem. IX Simposio sobre Fauna Silvestre*.

- Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mandujano, S. 1999. Variation in herd size of collared peccaries in a Mexican tropical forest in The Southwest. *Nat.* 44:199-204.
- Mandujano, S. 2007. Carrying capacity and potencial production of ungulates for human use in a Mexican tropical dry forest. *Biotropica* 39:519-524.
- Mandujano, S. y L. Martínez-Romero. 1991. Notas sobre el pecarí de collar en el bosque tropical caducifolio de Chamela, Jal. 222.228 p. En *Mem. IX Simposio sobre Fauna Silvestre*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Mandujano, S. y L.E. Martínez-Romero. 2002. Pecarí de collar (*Pecari tajacu sonorensis*, Mearns 1897). P.p. 411-415, In: F.A. Noguera, J.H. Vega, A.N.
- March, I. y S. Mandujano. 2005. Pecarí de collar. En Ceballos, G. y G. Oliva. Los mamíferos silvestres de México (pp.524-527). Conabio y Fondo de Cultura Económica, México D.F. México.
- Martínez Romero L.E., y S. Mandujano. 1995. Hábitos alimenticios del pecarí de collar (*Pecari tajacu*) en un bosque tropical caducifolio de Jalisco, México. *Acta Zoológica. Mex*, 64:1-20.
- Mason Romo, E. D., E. P. Villa Mendoza, G. Rendon Alquicira, y D. Valenzuela Galván. 2008. Primer registro del pecarí de collar (*Pecari tajacu*) *Revista Mexicana de Mastozoología* 12:170-175.
- Méndez-Moreno. A. B., Pérez-Montes,R. M., Cordero, W. A., y Cruz, A. P. 2011. Cacería del pecarí de collar (*Pecarí tajacu*) (*Artiodactyla: Tayassuidae*) en tzucacab, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Epoca)*, 1(1), 8. <https://doi.org/10.22201/ie.20074484e.2011.1.1.9>
- Miranda, A, Ambriz G. y B. Vázquez. 2004. Densidad poblacional, área de actividad y movimientos del pecarí de collar (*Tayassu tajacu*) en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, en México y su área de influencia. 110-111 p. En *Mem. VII Congreso Nacional de Mastozoología. San Cristóbal de las Casas Chiapas*.

- Monet, M. A. 2006. Abundancia, distribución y aprovechamiento de dos especies de mamíferos de importancia cinegética en la Sierra Norte de Oaxaca. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, D. F. 98 p.
- Monroy-Vilchis, O., Zarco-González, M.M., C. Rogriguez-Soto., L. Soria-Díaz., y V. Urios. 2010. Fototrampeo de mamíferos en la Sierra Nachtitla, México: abundancia relativa y patrón de actividad. *Revista Biológica Tropical*. 59(1)373:383.
- Naranjo, E. J. 2002. Population ecology and conservation of ungulates in the Lacandon forest, México. Ph.D. Dissertation. The University of Florida, Gainsnesville, FL., EUA.
- Naranjo, E.J., López-Acosta, J.C. y R. Dirzo. 2010. La cacería en México. *Biodiversitas* 9: 6-10.
- Naranjo, J.E & Bodmer, R.E. 2007. Source-sink systems and conservation of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. *Biological Conservation* 138:412-420.
- Neal, J.B. 1959. A contribution on the life history of the collared peccary in Arizona. *American Midland Naturalist* 61(1): 177-190.
- O'Connell A.F., Nichols J.D., Karanth K.U. 2006. *Camera Traps in Animal Ecology: Methods and Analyses*. Springer.
- O'Dea, A., Lessios, H. A., Coates, A. G., Eytan, R. I., Restrepo-Moreno, S. A., Cione, A. L., Collins, L. S., de Queiroz, A., Farris, D. W., Norris, R. D., Stallard, R. F., Woodburne, M. O., Aguilera, O., Aubry, M. P., Berggren, W. A., Budd, A. F., Cozzuol, M. A., Coppard, S. E., Duque-Caro, H., . . . Jackson, J. B. C. (2016). Formation of the Isthmus of Panama. *Science Advances*, 2(8). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600883>.
- Ojasti, J. 2000. Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. F. Dallmeier (ed). SI/MAB Series 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program. Washington D.C. USA. 290 p.
- Ortíz-García, A. I., Ramos-Robles, M. I., Pérez-Solano, L. A., y Mandujano, S. 2012. Distribución potencial de los ungulados silvestres en la Reserva de Biosfera

- de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Therya*, 3(3), 333–348.  
<https://doi.org/10.12933/therya-12-89>.
- Pacheco, G. 2004. Densidad y distribución del pecarí de collar (Pecari tajacu, Linnaeus 1758) en el Municipio de Tzucacab, Yucatán, México. VII Congreso Nacional de Mastozoología. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. AMMAC: 64
- Peres, C. A. 1996. Population status of white-lipped *Tayassu pecari* and collared peccaries *T. tayassu* in hunted and un hunted amazonian forest. *Biological Conservation* 77:115-123.
- Peterson, A. T. 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor* 103:599-605.
- Peterson, A. T., V. Sanchez-Cordero, E. Martínez-Meyer, y A. G. Navarro-Sigüenza. 2006. Tracking population extirpations via melding ecological niche modeling with landcover information. *Ecological Modelling* 195:229-236
- Phillips, S. J., R. P. Anderson, y R. E. Schapire. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190:231-236.
- Porter, A.B. 2006. Evaluation of collared peccary translocations in the Texas Hill country. Master of Science Thesis. Texas A&M University. Texas, USA. 36 p.
- Portillo-Reyes., O., y Hernández, J. 2011. Densidad del jaguar (*Panthera onca*) en Honduras: Primer estudio con Trampas Cámara en la Mosquita Hondureña. *Revista Latinoamericana de Conservación*. 45-50.
- Prothero, D. R., & Grenader, J. 2012. A New Primitive Species of the Flat-Headed Peccary *platygonus*(Tayassuidae, Artiodactyla, Mammalia) From the Late Miocene of the High Plains. *Journal of Paleontology*, 86(6), 1021–1031.  
<https://doi.org/10.1666/12-050r.1>
- Quijano-Hernández, E. 1998. Distribución, abundancia y conocimiento tradicional de mamíferos terrestres: bases para la creación de un plan de manejo y aprovechamiento en Tres Reyes, Quintana Roo. Tesis profesional. Facultad de Ciencias de la UNAM, México D.F. 57 p. En *Mem. VII Congreso Nacional de Mastozoología. San Cristóbal de las Casas Chiapas*.

- Ramírez-Pulido J., González-Ruiz N., Gardner A. L., & Arroyo-Cabrales J. 2014. List of Recent Land Mammals of Mexico, 2014. Special Publications Museum of Texas Tech University 63: 61-6.
- Reider, K. 2011. The effects of simulated peccary extirpation on leaf litter dynamics, reptiles, and amphibians in a Neotropical Forest. Master of Science Thesis. Florida International University. Florida, USA. 78 p.
- Reyna-Hurtado, R. & Tanner, G. W. 2007. Ungulate relative abundance in hunted and non-hunted sites in Calakmul forest (Southern Mexico). *Biodiversity and Conservation*, 16, 743–756.
- Richter, B.S.R. 2012. Home range and habitat use of a reintroduced population of collared peccaries in the Llamo uplift ecoregion of TEXAS. Master of Science Thesis. Texas State University. Texas, USA. 50 p.
- Robinson, J.G. & J.F. Eisenberg. 1985 Group size and foraging habitats of collared peccary (*Tayassu tajacu*). *Journal of Mammalogy* 66:153-155.
- Rocha-Serrato, E. G. 2019. Distribución potencial del pecarí de collar (*Pecari tajacu* L.) en Michoacán. Tesis licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp.58.
- Rodriguez-Garcia, J. F. y E. Naranjo-Piñero. 2004. Relación entre la distribución y abundancia de ungulados silvestres y dos especies de palmas (*Attalea butyraceae* y *Bactris balanoidea*) en el sector sur de la Reserva de la Biosfera de Montes Azules, Chiapas. *Revista Mexicana de Mastozoología*. 67-68 p.
- Rzedowski, J. 1981. La vegetación de México. Limusa, México, D.F.
- Sánchez-Cordero, V., P. Illoldi-Rangel, M. A. Linaje, S. Sarkar, & A. T. Peterson. 2005. Deforestation and extant distributions of mexican endemic mammals. *Biological Conservation* 126:465-473.
- Schweinsburg, R.E. 1971. Home range, movements and herd integrity of the collared peccary. *Journal of Wildlife Management* 35:455-460.
- Scott, J. M., P. J. Heglund, & M. I. Morrison (Eds.). 2002. Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale. Island Press. Washington, EE.UU.

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) y CONAGUA (Consejo Nacional del Agua). 2007. *Organismo de Cuenca Balsas: Situación de los acuíferos en la cuenca del Río Balsas. Guerrero, México.*
- Shaw, H. G. 1990. *Mountain lion field guide*. Special Report Number 9. Arizona Game and Fish Department. Phoenix.
- Sowls, L. K. 1997. Javelinas and the other peccaries: their biology, management and use. 2nd. Ed. Texas A&M University Press. College Station, TX, EUA.
- Sowls, L.K. 1984. The peccaries. The University of Arizona Press. Tucson.
- Starker, L. A. 2000. Fauna Silvestre de México. Ed. PAX. México, D.F. 676 p.
- Tierra Verde Naturaleza y Cultura A.C. 2011. Estudio para el diseño de corredores para los jaguars *Panthera onca* como herramienta de planeación para mantener la conectividad en el Monumento Natural Yaxchilán.
- Trolle, M. 2003. Mammals survey in the southeastern Pantanal, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 12:823-836.
- Wetzel, R.M. 1977. The Chacoan peccary, *Catagonus wagneri* (Rusconi). Bulletin of Carnegie Museum of Natural History 3: 1-36.
- Wilson, D., R. Cole, J. Nichols, R. Rudran & M. Foster. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres.
- Yañez-Arenas, C., Mandujano, S., Martínez-Meyer, E., Pérez-Arteaga, A. A., y González-Zamora, A. 2012. Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México. *Therya*, 3(1), 67–79. <https://doi.org/10.12933/therya-12-62>

## **6. ESTRUCTURA DE LA TESIS**

Para el cumplimiento de los objetivos, la tesis se divide en dos capítulos:

Capítulo I: Abundancia, densidad aparente y estructura poblacional del pecarí de collar en Michoacán.

Capítulo II: Correlación entre parámetros poblacionales del pecarí y Modelos de aptitud ambiental y hábitat.

## 7. Capítulo I: Abundancia, densidad aparente y estructura poblacional del pecarí de collar en Michoacán.

### RESUMEN

Se estimó abundancia, densidad aparente y estructura poblacional del pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*) en las regiones del estado de Michoacán, México. Se analizó registros de fototrampeo del periodo 2007-2018 de tres regiones fisiográficas. El esfuerzo acumulado fue de 17,706 días-trampa, obteniéndose 1,163 registros de los que se contabilizó 2,338 pecaríes. El promedio de pecaríes por detección o evento fue de 2.0. La estructura poblacional incluyó individuos adultos en 69.0% (n= 1609), juveniles en el 23.0% (n = 536) y crías en 8.0% (n=193). En época seca el pecarí se integró en piaras pequeñas (2-3 ind), representando 89.0% (n=146) de los registros, en menor proporción las piaras numerosas de 4-6 ind. con el 10.0% (n=16). En época húmeda se observaron piaras pequeñas en 91.0% (n=189) de los registros grupales, y con las piaras más numerosas de 7 a 12 ind. presentando el 2.0% (n=5) La tasa de captura general fue de 14.5 ind/100 días-trampa. Para la densidad aparente, la estimación más alta se observó en la región Bajo Balsas con 2.28 ind/km<sup>2</sup> en el parámetro optimista y el menor 0.60 ind/km<sup>2</sup> para la Sierra/Costa. Para la época reproductiva se determinó que el nacimiento de las crías ocurre durante dos épocas octubre y noviembre (época húmeda), mayo y junio (época seca. El periodo de gestación se presenta entre junio y julio, mientras que la época de apareamiento ocurre en mayo durante la época seca y octubre en la época húmeda.

**Palabras Clave:** Crías, Épocas, Juveniles, Piaras, Regiones.

## ABSTACT

Abundance, apparent density and population structure of the collared peccary (*Dicotyles tajacu*) were estimated in the regions of the state of Michoacán, Mexico. Phototrapping records from the 2007-2018 period of three physiographic regions were analyzed. The accumulated effort was 17,706 trap-days, obtaining 1,163 records, of which 2,338 peccaries were counted. The average number of peccaries per detection or event was 2.0. The population structure included adult individuals in 69.0% (n= 1609), juveniles in 23.0% (n=536) and hatchlings in 8.0% (n=193). In the dry season, the peccary was integrated into small herds (2-3 ind), representing 89.0% (n=146) of the records, with the most numerous herds being 4-6 ind. with 10.0% (n=16). In the wet season, small herds were observed in 91.0% (n=189) of the group records, and with the most numerous herds presenting 7 to 12 ind with 2.0% (n=5). The overall catch rate was 14.5 ind/100 trap-days. For apparent density, the highest estimate will be lowered in the Bajo Balsas region with 2.28 ind/km<sup>2</sup> in the optimistic parameter and the lowest 0.60 ind/km<sup>2</sup> for the Sierra-Costa. For the reproductive season, the birth of the offspring occurs during two seasons: October and November (wet season), May and June (dry season). The gestation period occurs between June and July, while the time of appearance occurs in May during the dry season and October in the wet season.

Keywords: Offspring, Herds, Juveniles, Seasons, Regions.

## 8. INTRODUCCIÓN

En la dinámica de las poblaciones se reconoce que el hábitat es heterogéneo a diversas escalas debido a procesos naturales y a las actividades humanas (Lord & Norton, 1999). Andrewartha & Birch (1984) simplifican la estructura espacial de una especie en dos escalas para comprender la dinámica de una población, la escala local (resolución fina), y la escala natural (resolución gruesa o escala regional). La escala local es aquella en la que los miembros de la población tienen mayor probabilidad de aparearse entre sí que con individuos de otras poblaciones, por lo que para que las poblaciones permanezcan a escala regional, es necesario que las áreas donde la especie es extirpada localmente sean colonizadas por individuos de otras áreas mediante la dispersión (Fahrig & Merriam, 1994). Por lo tanto, hay que estudiar a las poblaciones reconociendo la heterogeneidad que se presenta a diferentes escalas dentro del área donde se distribuyen y con un conocimiento profundo de la historia natural de la especie. Por ello la abundancia y densidad son atributos de la población que varían en el espacio y tiempo, y son útiles para los estudios de manejo y conservación de fauna silvestre al permitir la comparación entre poblaciones, el seguimiento a las variaciones temporales, así como evaluar la calidad de los hábitats (Wilson *et al.*, 1996, Walker *et al.*, 2000).

## 9. HIPÓTESIS NULA

**H1.-** Aunque la distribución del *Dicotyles tajacu* en Michoacán presenta elevada heterogeneidad ambiental, se asume que su abundancia será independiente y no presentará diferencias significativas entre diferentes regiones fisiográficas.

**H2.-** Aunque las piaras de *Dicotyles tajacu* se distribuyen en diferentes regiones fisiográficas, la estructura poblacional es estable e independiente a la variación ambiental y no mostrará diferencias entre épocas.

## **10. OBJETIVOS**

- Estimar la abundancia relativa del pecarí de collar en el estado y como varía entre las regiones de su distribución observada.
- Estimar la densidad aparente de grupos selectos de pecarí y su variación entre regiones y años.
- Determinar la estructura poblacional y su variación entre épocas.
- Estimar la época reproductiva del pecarí de collar para Michoacán.

## **11. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **11.1 Esfuerzos de muestreo y datos**

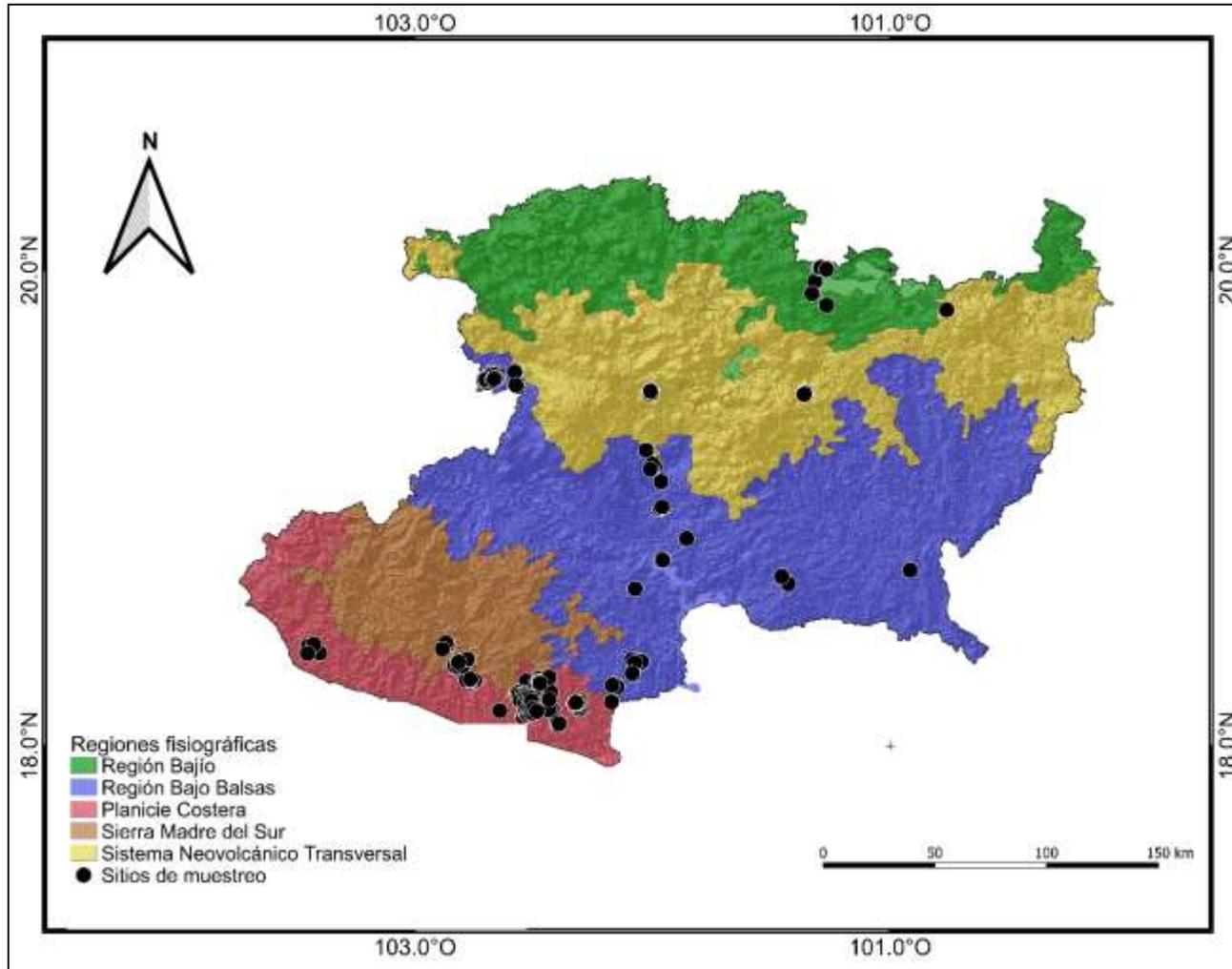
Los datos comprendieron el esfuerzo de muestreo mediante fototrampeo a nivel estatal que abarca el periodo 2007-2020, incluyendo resultados de diversos proyectos de investigación, tesis de licenciatura y posgrado efectuados en el Laboratorio de Vertebrados Terrestres Prioritarios (LVTP) de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Se analizaron 28,792 registros de fotografías y/o videos obtenidos (Charre-Medellín 2009, Charre-Medellín et al. 2010, Charre-Medellín 2012, Flores-Hernández 2013, Pureco-Rivera 2013, Guido-Lemus 2012, Charre-Medellín 2017, López-Ortiz 2017, Gallardo-Téllez 2018,2021, Flores-Torres 2018,2021 Gómez-Cárdenas 2019).

En su mayoría, los registros provienen de proyectos de muestreos balanceados, efectuados principalmente en las regiones fisiográficas conocidas como Sierra Madre del Sur, Planicie Costera, Bajo Balsas y en el Eje Neovolcánico Transversal (Figura 3). En total se obtuvo 1,163 registros de pecarí obtenidos en formatos de fotografía y de video.

Para cada región se evaluaron la eficacia, detección así como las características ambientales (precipitación, temperatura, altitud, valor de NDVI) de áreas donde se registró a la especie al igual que para zonas donde a pesar del esfuerzo de muestreo no se registró a la especie. El esfuerzo total acumulado a nivel estatal en Michoacán fue de 37,756 días-trampa hasta el año 2020 (Gallardo-Téllez 2021, Flores-Torres 2021).

Las cámaras trampa fueron colocadas en senderos y cerca de arroyos, ríos y ojos de agua, permaneciendo activas durante por lo menos ocho meses en cada año de muestreo, la distancia mínima entre ellas fue de 1.5 km. Las cámaras se programaron para activarse después de un minuto y tomar tres fotografías por evento, con la finalidad de maximizar la información en cada evento sobre los mismos registros. Las cámaras se colocaron a dos metros del cuerpo de agua, para contar con un ángulo suficiente y obtener fotografías claras, bien enfocadas, y en un área de detección que permitiera identificar (Silver, 2004).

Las cámara trampa fueron revisadas cada 40 días aproximadamente para el cambio de baterías y tarjetas de memoria. Un diseño de muestreo intensivo incluyó un cuadrante diseñado originalmente para estimar la densidad de Jaguar en Michoacán que involucró 45 cámaras, incluyendo 18 ubicaciones con cámaras dobles durante 2014 a 2016. Los equipos incluyeron marcas Stealth Cam Skout 7MP, Wildview 5mp Digital Scouting Cam y Bushnell 8MP Trophy Cam Trail. A partir de la disponibilidad de equipo, en las estaciones de foto-trampeo con dos cámaras se programó una de ellas para el formato en video y la otra en formato para tomar fotos.



**Figura 3.** Distribución del esfuerzo de muestreo de campo mediante transectos y fototrampeo.

## 11.2 Análisis de datos

Todas las variables numéricas se analizaron mediante estadística descriptiva por medio del software JMP v.11.0 y el módulo PROC REG de SAS (SAS 2001). Para comparar variables numéricas que no presentan distribución normal, se utilizó tablas de contingencia, pruebas U de Mann Whitney y de Kruskall-Wallis (Zar-Jerro, 1999)

### 11.2.1 Abundancia relativa o tasa de captura

La abundancia relativa se evaluó en este estudio como tasa de captura, que con cámaras trampa se considera como un índice indirecto de la abundancia de los organismos en especies que no pueden ser reconocidas individualmente (Monroy-Vilchis et al., 2009; Charre-Medellín, 2012), ésta se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tasa de captura} = \frac{\text{Foto-registros independientes de la especie}}{\text{Esfuerzo de captura (días-trampa)}} \times 100$$

En donde el número de foto-registros independientes de la especie se divide entre el esfuerzo de muestreo acumulado, y se estandariza a 100 días (Yasuda, 2004; Charre-Medellín, 2012). Los registros independientes son considerados como una o más fotografías de un individuo o grupo de individuos reconocibles en ciclos de 24 horas. En caso de obtenerse varias fotografías independientes en la misma cámara en distintos horarios sin confirmar individuos distintos, se consideró como un solo registro. En el caso de las fotografías independientes con más de un individuo observado, el número de registros independientes considerado fue igual al número de individuos observados (Charre-Medellín 2012).

### **11.2.2 Estructura Poblacional**

La estructura poblacional se describió considerando el tamaño de la piara, clasificando el número de individuos adultos, juveniles y crías de la piara en cada evento. Este parámetro se analizó en lo general y entre épocas. Se examinó la variación de la estructura poblacional entre años para aquellas regiones fisiográficas con muestreos balanceados durante varios años.

### **11.2.3 Densidad aparente**

La densidad aparente ( $Da$ ) se estimó a partir de datos correspondientes a la Sierra, Costa y Bajo Balsas. Se obtuvieron dos estimaciones, una conservadora y otra optimista. El número máximo de pecaríes observados por piara considerando reemplazo, es decir el registro de mayor número de pecaríes bajo el supuesto de no independencia entre distintos eventos (conservador), y el número de individuos observados por día (optimista) en cada cámara y área de actividad de pecarí asumiendo independencia entre eventos. El supuesto general para la estimación fue considerar 90 días máximo para población cerrada, incluyendo el supuesto de no influencia o sesgo derivado de reclutamiento o dispersión. La densidad aparente estimó mediante la siguiente fórmula donde: NPO es el número de pecaríes considerados entre el (AEM) Área Efectiva de Muestreo.

$$Da = \frac{\text{Número de Pecaríes Observados}}{\text{Área Efectiva de Muestreo}}$$

#### **11.2.4 Área efectiva de muestreo**

Se estimó mediante un polígono mínimo convexo (MCP) cuyos vértices corresponden a la ubicación de las cámaras que se encontraban a una distancia máxima de 1.37 km<sup>2</sup>, distancia que fue considerada de acuerdo al radio del ámbito hogareño del pecarí de collar (3.8 y 4.8 Km<sup>2</sup>) (Green *et al.*2001; Porter, 2006; Richter, 2012). Posteriormente se calculó el Área Efectiva de Muestreo (AEM) utilizando Qgis 3.14.15 "Pi" de acuerdo al MCP y agregando un buffer de 1.37 Km<sup>2</sup>.

#### **11.4.5 Estimación de la época reproductiva**

Se determinó mediante revisión de la literatura, y se comparó con el análisis de los registros fotográficos distinguiendo a las crías, calculándose el inicio y duración de los periodos, así como las etapas de integración de las madres y sus crías a los grupos o piaras, estimándose periodo de los nacimientos la duración del periodo de gestación y la época de apareamiento respectivamente.

## 12. RESULTADOS

### 12.1 Esfuerzo de muestreo

El número de registros analizados fue en total de 229 estaciones de fototrampeo y con 20,598 días-cámara de esfuerzo. Sin embargo, al no registrarse presencia del pecarí para la zona templada (Sistema Neovolcánico Transversal), el esfuerzo asociado a esta región se excluye de los análisis posteriores. Considerando solo el esfuerzo y los resultados de las regiones con distribución confirmada, se incluyó datos de 183 sitios de muestreo, siendo la Sierra Madre del Sur la región con mayor número de sitios de muestreo (46.9% ) y en la Planicie costera el menor número (22.9%) (Cuadro 1).

El pecarí se registró en 52.4% (n=96) de los sitios muestreados, observándose diferencias porcentuales entre regiones, pero sin significancia estadística  $\chi^2= 3.5$ , df 4  $P = 0.16$ . El mayor porcentaje de éxito se observó para la Planicie Costera, donde en el 64% de los sitios de muestreo se registró a la especie (Cuadro 1)

**Cuadro 1.** Distribución del esfuerzo de muestreo en número de estaciones de fototrampeo (%) y su efectividad en detectar a la especie en Michoacán.

Regiones	Detección	Sin detección	Total (%)
Sierra Madre del Sur	40 (46)	46 (54)	86 (46.9)
Planicie Costera	27 (64)	15 (36)	42 (22.9)
Bajo Balsas	29 (52)	26 (48)	55 (24.0)
General	96	87	183 (100)

El esfuerzo de muestreo en regiones con distribución del pecarí fue de 17,709 días-cámara, concentrando la Sierra Madre del Sur el 44.2% del esfuerzo (n= 7,828 días-cámara), siendo el menor en la Planicie Costera con 12.4% (n= 2,213) (Cuadro 2). En cuanto a su efectividad, el 62.3% del esfuerzo total se asoció a detecciones, aunque las proporciones de éxito mostraron diferencias entre regiones. La mayor efectividad se observó en la Planicie Costera, donde el esfuerzo exitoso fue de 72.8% (n= 1,613 días-cámara), a pesar de que en esa región hubo el menor esfuerzo con solo el 12.4% del efectuado (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Esfuerzo de muestro en número de días-cámara acumulado (%), y su efectividad.

<b>Regiones</b>	<b>Eficaz (días-cámara)</b>	<b>No eficaz (días-cámara)</b>	<b>Total regional y su proporción estatal</b>
<b>Sierra Madre del Sur</b>	5,449 (69.6)	2,379 (30.4)	7,828 (44.2)
<b>Planicie Costera</b>	1,613 (72.8)	600 (27.2)	2,213 (12.4)
<b>Bajo Balsas</b>	3,984 (51.9)	3,684 (48.1)	7,668 (43.3)
<b>General</b>	11,046 (62.3)	6,663 (37.7)	17,709

La duración promedio de las cámaras en general fue de  $96.9 \pm 86.4$  (DS), variando entre regiones, con mayor duración en el Bajo Balsas  $139.4 \pm 84.1$  y la menor en la Planicie Costera  $48.1 \pm 68.4$  (5-280) (Cuadro 3).

Al comparar la duración de las cámaras entre las que detectaron al pecarí con aquellas que no lo detectaron, no existió diferencias estadísticamente significativas  $T = 1.17$ ,  $P = 0.278$ , observándose además un evidente traslape en los intervalos de duración en cada región (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Duración promedio de esfuerzo en días-cámara por sitio entre sitios con detección y sin detección, su desviación estándar e intervalo (mínimo-máximo).

<b>Región</b>	<b>Duración con detección</b>	<b>Duración sin detección</b>	<b>General por región</b>
<b>Sierra Madre del Sur</b>	$59.6 \pm 40.3$ (11- 225)	$56.8 \pm 50.6$ (6240)	$58.2 \pm 45.2$ (6240)
<b>Planicie Costera</b>	$53.6 \pm 72.7$ (5-280)	$39.5 \pm 62.0$ (5265)	$48.1 \pm 68.4$ (5280)
<b>Bajo Balsas</b>	$137.3 \pm 79.5$ (6-265)	$141.6 \pm 90.$ (6239)	$139.4 \pm 84.1$ (6265)

## 12.2 Registros independientes y tasa de captura

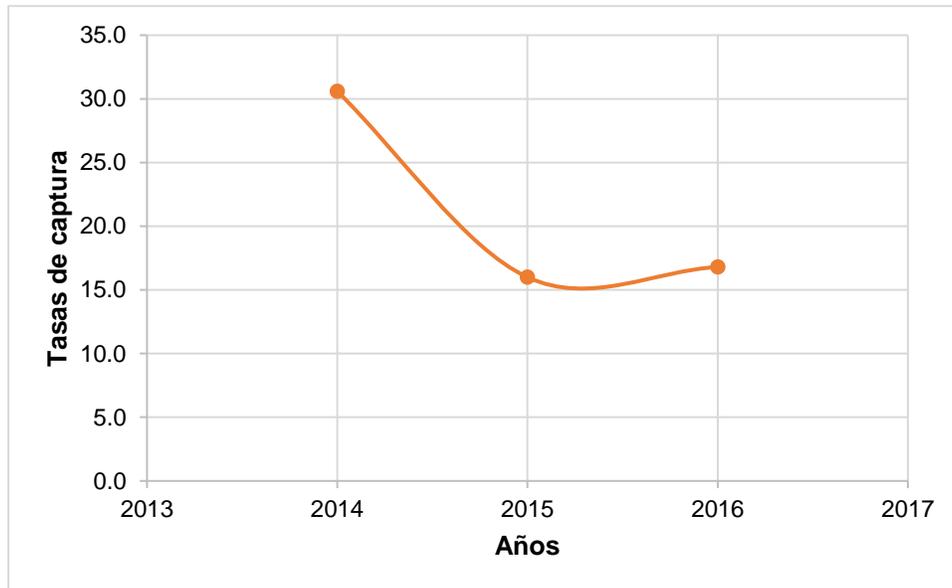
El número de registros analizados fue de 1,163, observándose el mayor porcentaje para la Sierra Madre del Sur con el 62.4% (n= 726) y el menor número con 9.7% (n= 113) en contraste para la región del Bajo Balsas (Cuadro 4).

La tasa de captura general fue de 13.8 ind/100 días-trampa de esfuerzo en un total de 183 estaciones de fototrampeo, y en cámaras exitosas la tasa de captura general fue de 25.1 ind/100 días-trampa. La región con la tasa de captura más alta fue la Planicie Costera con 22.5 ind/100 días-trampa, contrastando con la menor con 10.2 ind/100 días-trampa en la región del Bajo Balsas, existiendo diferencias estadísticamente significativas al comparar las tasas de captura entre regiones  $H=6.14$ ,  $P=0.046$  (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Distribución de registros por (%) y su tasa de captura en general (SDV) y tasas de cámaras exitosas (intervalo).

Regiones	Registros	Tasa de captura en general	Tasa de captura solo en cámaras con detección
Sierra Madre del Sur	726 (62.4)	12.1 (28.7)	13.6 (1.0 -258.8)
Planicie Costera	324 (27.8)	22.5 (35.6)	36.9 (1.3-154.3)
Bajo Balsas	113 (9.7)	10.2 (31.2)	19.4 (0.4-173.5)
Total	1,163	13.8 (32.8)	25.1 (0.4-258.8)

La tasa de captura para la región Sierra Madre del Sur en el periodo 2014-2016 vario mostrando la mayor tasa de captura con 30.6 ind/100 días-trampa en el año 2014 a 16.0 ind/100 días-trampa en el año 2015 (Figura 4).



**Figura 4.** Variación del periodo 2014-2016 de la tasa de captura en la Sierra Madre del Sur.

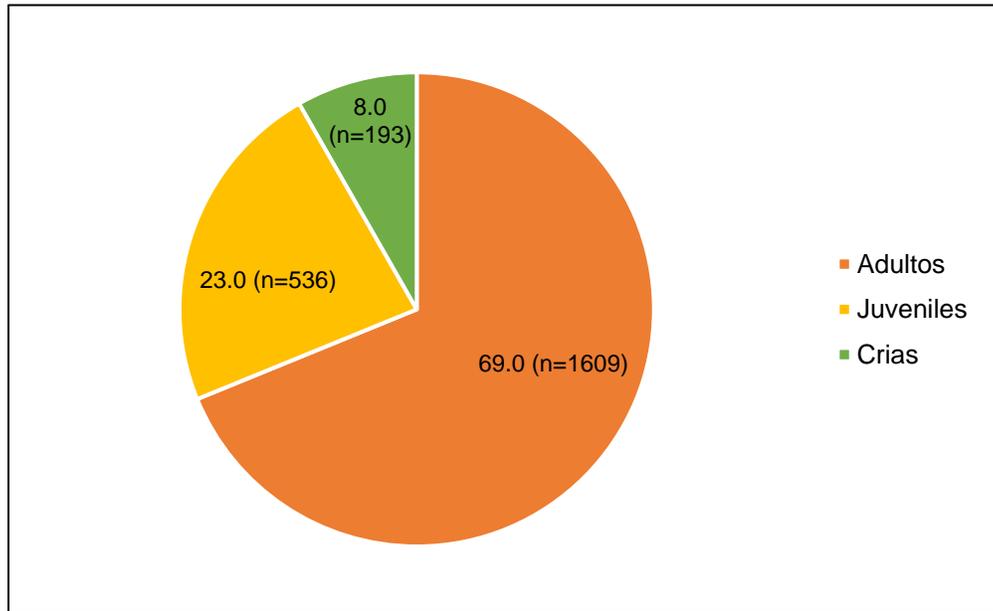
### 12.3 Estructura poblacional general

Se analizó un total de 1,163 registros independientes, en los que se contabilizó un total de 2,338 pecaríes (número acumulado total de individuos observados en cada evento) registrándose su mayor número en términos absolutos en la región Sierra Madre del Sur con 1,363 individuos y la menor en la región Bajo Balsas con 238 (Cuadro 5). Sin embargo, en términos relativos estandarizando por número de registros, el mayor número se observó para la Planicie Costera con 2.2 pecaríes por registro, y el menor en la Sierra Madre del Sur con 1.8, sin que existiera diferencias estadísticamente significativas  $H= 2.56$ ,  $P = 0.227$ .

**Cuadro 5.** Número promedio de pecaríes por región y por evento-registro.

Región	Registros	Pecaríes contabilizados	Tamaño promedio por registro
Sierra Madre del Sur	726	1363	1.8
Planicie Costera	324	737	2.2
Bajo Balsas	113	238	2.1
Total	1,163	2,338	2.0

El grupo de edad con mayor número y porcentaje es el de adultos con 1,609 que representa el 69.0% de los individuos registrados, seguido del grupo de edad considerado como juveniles con el 23.0% de los pecaríes y el menor porcentaje en crías con 8.0 % (n=193) (Figura 5).

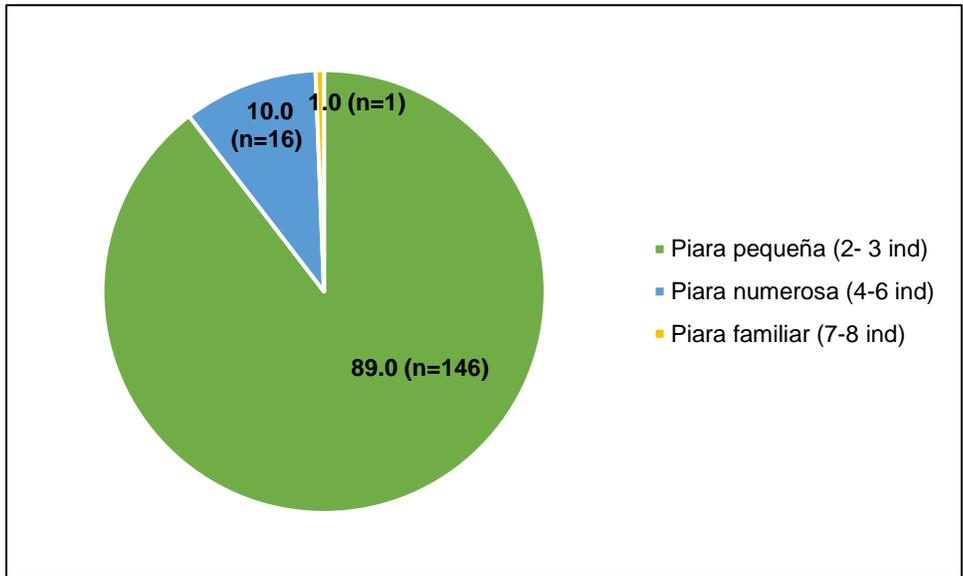


**Figura 5.** Estructura de edades en los registros de pecarí

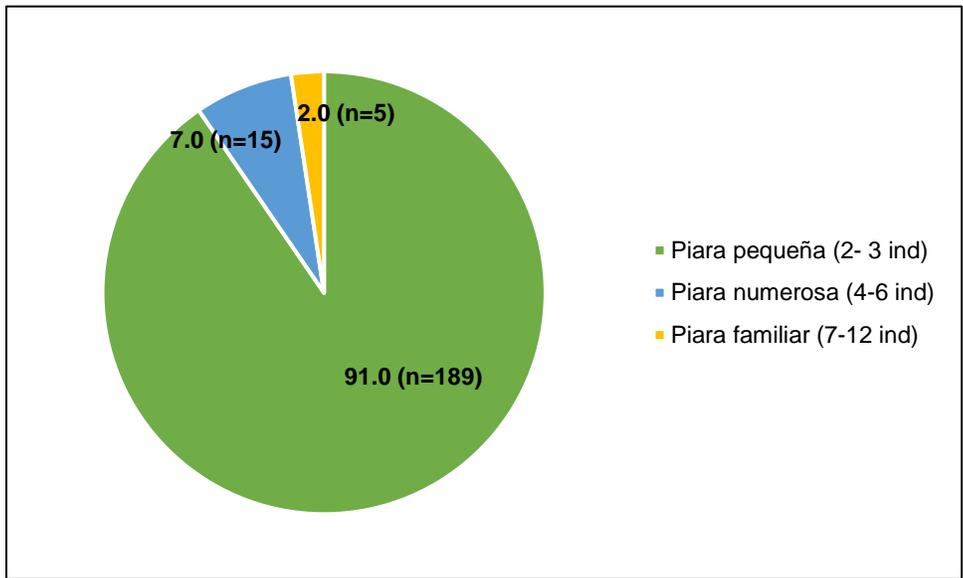
#### **12.4. Composición social del pecarí por época**

En época seca se observó principalmente piaras pequeñas (2-3 ind) 89.0% (n=146), seguido de piaras numerosas (4-6 ind) 10.0% (n=16) y en menor proporción para piaras familiares 1.0 (n=1) (Figura 6).

En la época húmeda se observó un leve incremento en el número de piaras pequeñas (2-3 ind) con 91.0% (n=146), disminuyendo las piaras numerosas o de mediano tamaño (4-6 ind) 7.0% (n=15), y piaras familiares (7-12 ind.) 2.0% (n=5) (Figura 7).



**Figura 6.** Distribución porcentual de las piaras época seca.



**Figura 7.** Distribución porcentual de las piaras época húmeda.

### 12.4.1 Variación del tamaño mensual de las piaras por época

Se analizó la variación mensual en el tamaño de las piaras para la época seca, observándose en total 163, con predominio de piaras pequeñas. En el mes de abril se observó la mayor cantidad y porcentaje de piaras pequeñas con 36.2% (n=59), y la menor en el mes de mayo con 10.4% (n=17). Las piaras de mayor tamaño fueron solo 16 (9.8%), observándose para las piaras familiares el mismo número solo en los meses de febrero a mayo (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Distribución porcentual del tamaño de las piaras en meses secos.

Tamaño de piara	Total	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
<b>Piara pequeña (2- 3 ind)</b>	146 (89.6)	40 (24.5)	30(18.4)	59 (36.2)	17 (10.4)
<b>Piara numerosa (4-6 ind)</b>	16 (9.8)	1 (0.6)	1 (0.6)	7 (4.3)	7 (4.3)
<b>Piara familiar (7-8 ind)</b>	1 (0.6)	-	-	-	1 (0.6)
<b>Total</b>	163(100%)	41 (25.2)	31(19.0)	66 (40.5)	25 (15.3)

Para la época húmeda se observaron 209 piaras, siendo las de menor tamaño las más numerosas y mostrando un mayor número de piaras tanto pequeñas como familiares. Las piaras pequeñas aumentaron con respecto a la época seca y predominaron con el 90.4% de las piaras observadas. La mayor integración de piaras en general ocurrió en el mes de diciembre con 39.2 % (n=82) y la menor en el mes de junio (Cuadro 7).

Las piaras de mayor tamaño denominadas como “familiares” se observaron solo en la época húmeda, aunque fueron poco frecuentes. También se observó un ligero aumento del número de piaras numerosas.

**Cuadro 7.** Distribución porcentual del tamaño de piaras en los meses húmedos.

<b>Tamaño de piara</b>	<b>Total</b>	<b>Enero</b>	<b>Junio</b>	<b>Noviembre</b>	<b>Diciembre</b>
<b>Piara pequeña (2-3 ind)</b>	189 (90.4)	33 (15.8)	17 (8.1)	57 (27.3)	82 (39.2)
<b>Piara numerosa (4-6 ind)</b>	15 (7.1)	-	1 (0.5)	6 (2.9)	8 (3.8)
<b>Piara familiar (7-12 ind)</b>	5 (2.3)	-	-	3 (1.4)	2 (0.9)
<b>Total</b>	209 (100%)	33(15.8%)	18(8.6)	66 (31.6)	92 (44.0)

## 12.5 Densidad aparente

El área efectiva de muestreo empleada en la estimación de densidad fue diferente entre regiones, con áreas efectivas de 3.07 km<sup>2</sup> para la región del Bajo Balsas y de 6.68 km<sup>2</sup> para el ecotono de Sierra/Costa. La mayor densidad aparente se obtuvo para la región Bajo Balsas con 2.28 individuos/km<sup>2</sup> en la estimación optimista, mientras que la menor densidad se obtuvo en la región Sierra/Costa con 0.60 individuos/km<sup>2</sup> en la estimación conservadora (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Estimación de densidad aparente

Región fisiográfica/ Año	No. Individuos	AEM (km <sup>2</sup> )	Densidad
<b>Bajo Balsas 2018</b>			
Conservador	4	3.07	1.30
Optimista	7	3.07	2.28
<b>Sierra/Costa 2014</b>			
Conservador	6	6.68	0.90
Optimista	9	6.68	1.35
<b>Sierra/Costa 2015</b>			
Conservador	4	6.68	0.60
Optimista	11	6.68	1.65

## 12.6 Época reproductiva

Se estima que el nacimiento de las crías ocurre entre octubre y noviembre (época húmeda), y mayo y junio (época seca) (Apéndice III) y que el periodo de gestación se presenta entre junio y julio, mientras que la época de apareamiento ocurre en enero durante la época seca (Apéndice II) y octubre en la época húmeda (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Temporalidad de reproducción de *Dicotyles tajacu*.

<b>Eventos</b>	<b>Periodo época seca</b>	<b>Periodo época húmeda</b>
Cortejo y reproducción	enero	octubre-noviembre
Gestación	junio-julio	noviembre-diciembre
Nacimiento de crías	mayo-junio	octubre-noviembre
Integración a piaras	2 a 3 días	

## 13. DISCUSIÓN

### **Esfuerzo de muestreo**

En este estudio quizás se ha analizado el mayor tamaño de muestra en cuanto a número de registros. También es posible que se haya examinado el mayor esfuerzo de muestreo en cuanto a las áreas efectivas de muestreo consideradas, el número de estaciones de fototrampeo, número de años de muestreo, y el esfuerzo acumulado de días-cámara en México (Cortes-Marcial y Briones-Salas, 2014; Carrera-Treviño *et al.*, 2016; Hernández-Pérez *et al.*, 2015). Adicionalmente, este es el primer estudio que se enfoca en examinar a las poblaciones de pecarí en distintas regiones fisiográficas de distribución, complementándose con un diagnóstico de su distribución potencial mediante modelos de nicho ecológico (Capítulo 2). Aunque las regiones fisiográficas donde se confirmó la distribución de la especie son colindantes y aparentemente exhiben una distribución continua en el rango, existen diferencias en abundancia relativa considerando las tasas de captura como medida de abundancia.

### **Tasa de Captura**

La región de la Planicie Costera mostró la mayor tasa de captura (22.5 pecaríes/100 días-trampa), mientras que la región del Bajo Balsas mostró la menor tasa de captura (10.2 pecaríes/100 días-trampa) (Cuadro 4). Otra evidencia indirecta de la mayor tasa de captura en la planicie costera corresponde al porcentaje de cámaras que registraron a la especie, registrándose al pecarí en el 64% de las estaciones de fototrampeo.

Aunque el esfuerzo de muestreo mostró diferencias entre regiones, tanto en el número de días promedio que estuvieron las cámaras activas, como el número de días acumulados en la región, o el número de estaciones de fototrampeo, el esfuerzo con mayor abundancia o proporción de sitios con detección de la especie.

La región con el mayor esfuerzo, la Sierra Madre del Sur, no correspondió con la de mayor tasa de captura, aunque sí con el mayor número de detecciones resultantes de un esfuerzo significativamente mayor. En esta región existió el 46.9% (n= 86) de los sitios de muestreo en el estado, pero solo en el 46% de las cámaras

se registró al pecarí, porcentaje inferior que el de la Costa, donde solo se colocó el 23% (n= 42) de los sitios de muestreo, pero el 64% con éxito (Cuadro 1).

La detección del pecarí a nivel sitio o cámara no influyo con su exposición en el número de días, ya que no existió diferencia en el número promedio de días de exposición entre sitios con detección y sitios sin detección en cámaras, existiendo detecciones incluso en cámaras con un mínimo de 5 días de esfuerzo, por lo que en áreas con actividad de pecarí este puede detectarse desde la primera semana de muestreo (Cuadro 3).

En general, las tasas de captura detectadas en las regiones fisiográficas de Michoacán están entre los valores más altos registrados hasta ahora para México y dependiendo de la región fueron superiores a las estimadas en el bosque tropical caducifolio de otras regiones del país. Las tasas más altas, de la planicie costera de Michoacán fueron de 22.5 ind/100 días-trampa, y las más bajas se estimaron para el Bajo Balsas con 10.2 ind/100 días-trampa. Mientras que las tasas reportadas en estudios del Sur de México suelen ser menores, como las que reportan Pozo-Montuy et al 2019, para la zona núcleo de la reserva del Ocote, Chiapas con 8.5 ind/100 días-trampa, o las tasas estimadas para el Bosque Mesófilo de la Sierra de Manantlán, para la que se reportan 22 registros en un esfuerzo de 1,156 días-cámara para una tasa de 9.0 ind/100 días-trampa (Aranda *et al.*, 2012). Solo en Yucatán se documentaron tasas similares con 15.4 ind/100 días-trampa, e intervalos de 3.7 a 11.4 ind/100 días-trampa (Hernández-Pérez *et al.*,2015).

En la mayoría de las estimaciones de abundancia mediante cámaras trampa, se estiman tasas menores a 10.0 pecaríes por cada 100 días de esfuerzo acumulado. Sin embargo, en Calakmul, que es una de las reservas con mayor extensión de bosques tropicales conservados, se registraron 554 pecaríes en un esfuerzo de 3,510 días-cámara, para una tasa de captura de 15.7 individuos/100 días- trampa considerando la metodología utilizada en este estudio para estimar las tasas de captura en especies sociales (Briceño-Méndez *et al.*, 2016). El resultado de las abundancias estimadas sugiere que la población de esta región es importante en términos de su valor para la conservación de la especie en México.

## **Estructura poblacional**

El pecarí de collar es una especie social que conforma “piaras” integradas por adultos, juveniles y crías. El tamaño de muestra poblacional examinado es robusto con 2,338 pecaríes, de los cuales el 69.0% correspondió a adultos, y el 30.0% a juveniles con crías siendo el 8.0 %.

Desconocemos si la estructura observada para Michoacán sea similar a la del resto de su distribución ante la carencia de estudios que reporten estos datos. Sin embargo, en un estudio poblacional comparativo para evaluar diferencias en abundancia y estructura poblacional ante presión por actividad cinegética, a partir de un tamaño de muestra de pecaríes se observó que en la población sin caza está integrada por 90.1% de pecaríes adultos, y 6.5% pre-adultos y 3.4% juveniles, mientras que la estructura poblacional de áreas con caza se integró en 77.5% de adultos, 12.0 % pre-adultos y 10.0% juveniles (Briceño-Méndez *et al.*, 2016). La estructura estimada en este estudio es parecida en el porcentaje de adultos a la estimada para áreas bajo presión de cacería en Calakmul, pero en Michoacán la proporción de juveniles se mostró en mayores porcentajes.

Se desconoce si la estructura poblacional del pecarí de collar es un carácter relativamente estable a lo largo de su distribución, ya que hacen falta replica de estudios comparativos en diferentes regiones del país, ya que no hay en la literatura estudios de fototrampeo enfocados a evaluar la estructura poblacional y la abundancia de la especie para ninguna región o tipo de vegetación en el occidente de México. Por lo anterior, se considera que este estudio contribuye y profundiza en el conocimiento sobre la abundancia y estructura de las poblaciones de la especie en bosques tropicales del centro occidente de México.

## **Densidad**

Existen pocas estimaciones sobre densidad del pecarí, en los que en general se ha utilizado dos métodos, transectos y cámaras trampa, existiendo un intervalo amplio entre los valores estimados en los que parece que influyen diferencias regionales, el tipo de hábitat, y hasta por metodología. En la mayoría de estudios las densidades estimadas son menores a 2.0 pecaríes/ km<sup>2</sup>, principalmente para Oaxaca o Chiapas

(Lira-Naranjo 2003; Pacheco,2004; Naranjo y Bodmer, 2007; González Marín *et al.*, 2008), aunque para los bosques secos del Pacífico en Jalisco se han estimado densidades de 1.0 a 7.5 ind/km<sup>2</sup> (Mandujano, 1999, 2007).

Los valores estimados en este estudio son similares a la mayoría de estimaciones, ya que el intervalo estimado en este estudio entre regiones (0.60 a 2.3 individuos/km<sup>2</sup>) se traslapa con la amplitud estimada en otros estudios con otros métodos. Este estudio es de los pocos en el que la “densidad aparente” se calcula mediante un tamaño de muestra amplio, seleccionándose subconjuntos de cámaras que reuniesen requisitos de distancia y dispersión para cumplir con supuestos de tiempo y distancia, garantizando así la independencia de datos en cuadrante de fototrampeo.

Se consideraron supuestos rigurosos, movilidad del pecarí, temporalidad de registros, distancias de cámaras vecinas, y delimitación de máxima distancia de desplazamiento. Comparaciones rigurosas de naturaleza experimental estricta con las estimaciones obtenidas en estudios con transectos o telemetría no es posible por las diferencias metodológicas, aunque los valores obtenidos parecen comparables y relativamente certeros. Los supuestos usados deben ser evaluados mediante estudios que repliquen la metodología y examinen la densidad de cámaras en función al hábitat, época y duración de los muestreos para perfeccionar las estimaciones en densidad.

### **Época reproductiva**

La época reproductiva para este estudio presento dos épocas de nacimiento octubre y noviembre (época húmeda) y mayo-junio que contrasta para la época seca con los resultados obtenidos en un estudio Neal, 1959 en el determino que los nacimientos ocurren en un 75 % en los meses de junio, julio y agosto.

## 14. CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que en las regiones fisiográficas de Michoacán el pecarí de collar es una especie con abundancias por encima del promedio de las estimaciones hechas previamente en otras regiones de México, (13.8 individuos/100 días-trampa en promedio). La variación en los valores de tasas de captura en el pecarí refleja diferencias entre regiones, evidenciándose mayor abundancia en regiones con más humedad (Planicie Costera) y menor abundancia en lugares más secos (Bajo Balsas).

Las diferencias a nivel regional no están sesgadas por el esfuerzo de muestreo ya que se comparó valores estandarizados como tasas de captura, número de pecaríes registrados por evento y porcentajes de cámaras registrando en cada región a la especie.

Se encontró una variación en el tamaño de las piaras y estructura de las piaras, con mayores porcentajes de crías y mayor número de piaras numerosas en época húmeda, similares a los reportados para Chamela, Jalisco y se confirmó que estas variaciones están en función de la precipitación, régimen climático y disponibilidad de recursos.

La densidad de la especie estimada para este estudio es comparable pero ligeramente inferior a otros estudios realizados en el país, sin embargo, es el primer estudio en el que se implementa esta metodología y una estimación utilizando registros mediante fototrampeo.

La época de reproducción estimada para la especie en las regiones fisiográficas de Michoacán es entre los meses de octubre y noviembre.

## 15. LITERATURA CITADA

- Andrewartha, G.K. & I. C. Birch. 1984. *The ecological web*. University of Chicago Press: Chicago Illinois.
- Aranda Sánchez, J. M., Botello López, F. J., y López De Buen, L. 2012. Diversidad y datos reproductivos de mamíferos medianos y grandes en el bosque mesófilo de montaña de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco-Colima, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(3).  
<https://doi.org/10.7550/rmb.24850>.
- Briceño-Méndez, E. J. Naranjo, S. Mandujano, M. Altrichter, y R. Reyna-Hurtado. 2016. Responses of two sympatric species of peccaries (*Tayassu pecari* and *Pecari tajacu*) to hunting in Calakmul, México. *Tropical Conservation Science* 9:1-11.
- Carrera-Treviño, R., Lira-Torres, I., L. Martínez-García., y M., López-Hernández. 2016. El jaguar *Panthera onca* (Carnivora:Felidae) en la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*. 64(4):000-000.
- Charre-Medellín, J. F. 2009. Distribución y diversidad de Mamíferos medianos y grandes en el municipio de Arteaga, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Charre-Medellín, J. F. 2012. Uso de manantiales por los Mamíferos en Bosques Tropicales de Michoacán. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán
- Charre-Medellín, J. F. 2017. Modelado de abundancias potenciales de felinos Silvestres en el trópico seco del centro-occidente de México. Tesis de Doctorado. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 139pp.
- Charre-Medellin, JF; Colin-Soto, CZ y Monterrubio-Rico, T. C. Uso de manantiales de filtración por los vertebrados durante la época seca en un bosque tropical fragmentado en la costa de Michoacán. *Acta Zoológica Mexicana*. 2010, vol. 26, n. 3, pp. 737-743. ISSN 2448-8445.

- Cortés-Marcial, M., y Briones-Salas, M. 2014. Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*. 64(4):1433-1448.
- Fahrig, L. & G. Merriam. 1994. Conservation of fragmented Populations. *Conservation Biology* 8: 50-59.
- Flores-Hernández, A. L. 2013. Diversidad de Mamíferos en un Bosque Tropical Subcaducifolio fragmentado, en la Costa de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Flores-Torres, J. Y. 2018. Uso de hábitat y patrones de actividad de los depredadores superiores en un bosque templado fragmentado en Michoacán. Tesis Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp. 71.
- Flores-Torres, J., Y. 2021. Patrones de abundancia y actividad del lince (*Lynx rufus*; Schereber, 1777) en dos hábitats contrastantes del centro de México. Tesis Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán.95pp.
- Gallardo Téllez E. 2018. Variación del ensamble de mamíferos mediano y grandes en la estación biológica "Vasco de Quiroga" en Uruapan, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 88pp.
- Gallardo Téllez E. 2021. Evaluación de efectos de antropización en los ensambles de mamíferos medianos y grandes de bosque templado de la región aguacatera de Michoacán. Tesis Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 144pp.
- Gómez-Cárdenas E. 2019. Riqueza y abundancia del ensamblaje de mamíferos de talla mediana y grande de la Sierra de Jalmich, en Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. 74pp.

- González Marín, R. y M. Weber. 2008. Densidad y distribución de ungulados silvestres en la Reserva Ecológica El Edén, Quintana Roo, México. *Acta Zoológica Mexicana* 24:73-93.
- Green, C.M., Harvenson, L.A. y L.E. Loomis. 2001. Habitat selection by collared peccaries in the Trans-Pecos Texas. *The Southwestern Naturalist* 46(2): 246-251.
- Guido-Lemus, D. 2012. Riqueza de la comunidad de Mamíferos silvestres de La Cuenca del Lago de Cuitzeo, Michoacán, una comparación utilizando método de muestreo. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo. Morelia, Michoacán.
- Hernández-Pérez, E., Reyna-Hurtado, R., Castillo-Vela, G., Sanvicente-López, M. y Moreira-Ramírez, J. 2015. Fototrampeo de mamíferos terrestres de talla mediana y grande asociados a petenes del noroeste de la Península de Yucatán, México. *Therya*. Vol 6(3): 559-574.
- Lira-Torres, I. y Naranjo-Piñera, E. 2003. Abundancia, preferencia de hábitat e impacto del ecoturismo sobre : el puma y dos presas en la Reserva de la Biósfera «El Triunfo» Chiapas, México. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Epoca)*, 7(1), 20.
- López-Ortiz, E. I. 2017. Riqueza y abundancia de los mamíferos medianos y grandes de la estación biológica Vasco de Quiroga en Uruapan. Tesis Licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp62.
- López-Ortíz, E. I. 2020. Historia de vida, Distribución Potencial y Conectividad del tigrillo (*Leopardus pardalis*) en Michoacán. Tesis Maestría. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. pp 106.
- Lord, J. M. & D. A. Norton. 1990. Scale and the spatial concept of fragmentation. *Conservation Biology* 4: 70-79.
- Mandujano, S. 1999. Variation in herd size of collared peccaries in a Mexican tropical forest. *The Southwestern Naturalist* 44:199- 204.
- Mandujano, S. 2007. Carrying capacity and potential production of ungualtes for human use in a Mexican tropical dry forest. *Biotropica* 39:519-524.

- Monroy-Vilchis, O. M. Zarco-González, C. Rodríguez-Soto, L. Soria-Díaz y V. Urios. 2009. Cougar and jaguar habitat use and activity patterns in central Mexico. *Animal Biology* 59:145-157.
- Naranjo, J.E y Bodmer, R.E. 2007. Source-sink systems and conservation of hunted ungulates in the Lacandon Forest, Mexico. *Biological Conservation* 138:412-420.
- Pacheco, G. 2004. Densidad y distribución del pecarí de collar (Pecari tajacu, Linnaeus 1758) en el Municipio de Tzucacab, Yucatán, México. VII Congreso Nacional de Mastozoología. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. AMMAC: 64
- Porter, A.B. 2006. Evaluation of collared peccary translocations in the Texas Hill country. Master of Science Thesis. Texas A&M University. Texas, USA. 36 pp.
- Pozo-Montuy, G., Camargo-Sanabria, A. A., Cruz-Canuto, I., Leal-Aguilar, K., y Mendoza, E. 2019. Análisis espacial y temporal de la estructura de la comunidad de mamíferos medianos y grandes de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, en el sureste mexicano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90(0). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2731>
- Pureco-Rivera, Q. 2013. Riqueza, abundancia y patrones de actividad de los mamíferos medianos y grandes del municipio de Gabriel Zamora, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- QGIS Development Team (2017) Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Available: <http://qgis.osgeo.org>.
- Richter, B.S.R. 2012. Home range and habitat use of a reintroduced population of collared peccaries in the Llano uplift ecoregion of Texas. Master of Science Thesis. Texas State University. Texas, USA. 50 p.
- SAS Institute Inc. 2011. JMP IN Statical Discovery Software, Versión 11. SAS. Campus Drive. Cary, NC.
- Silver, S. (2004). Estimando la abundancia de jaguares mediante trampas-cámara. New York, 27 pp.

- Walker, S., R., Novaro., J. A., y J., D., Nichols. 2000. Consideraciones para la estimación de abundancia de poblaciones de mamíferos. *Mastozoología Neotropical*. 7(2):73-80.
- Wilson, D., R. Cole, J. Nichols, R. Rudran y M. Foster. 1996. *Measuring and monitoring biological diversity, standard methods for mammals*. Smithsonian Institution Press. Washington y Londres.
- Yasuda, M. 2004. Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps: a case study on Mount Tsukuba, central Japan. *Mammal Study* 29:37-46.
- Zar, Jerrold. H. 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New, Jersey, USA.663p.

## 16. Capítulo II: Correlación entre parámetros poblacionales del pecarí y el modelo de aptitud ambiental y hábitat.

### RESUMEN

El manejo y conservación de las especies debe sustentarse en información actual sobre abundancia y distribución geográfica, e identificar factores que influyen sobre estos parámetros a las distintas escalas. Aunque para Michoacán existían dos estudios a distintas escalas en los que se estimó la distribución potencial, uno a escala nacional parece sobreestimar el área de distribución potencial, y el segundo solo estimó distribución a escala regional, por lo que se desconoce cómo se relacionan aptitud ambiental y calidad del hábitat con distribución y abundancia del pecarí de collar, que es el objetivo de este capítulo. Estimar el tamaño poblacional potencial, es vital para identificar oportunidades para el manejo y conservación de la especie, y para ello se requiere conocer el área de distribución actual de la especie y de cómo se relacionan las abundancias locales. Se elaboró un modelo de nicho ecológico para *D. tajacu* evaluando ocho de las diecinueve variables ambientales, se estimó aptitud para 13,315 km<sup>2</sup> y una variación altitudinal de los 365 a 1030 msnm, siendo la región con mayor extensión el Bajo Balsas. Se analizó la relación entre los valores en tasas de captura, con los valores de parámetros ambientales de los sitios de cada cámara trampa (precipitación promedio anual, temperatura, elevación, valor de NDVI, proporción de vegetación por km<sup>2</sup> y categoría de aptitud del modelo de distribución de la especie). Los modelos de regresión simples y múltiples resultaron insuficientes para explicar como la abundancia local es influida por factores ambientales. El mejor modelo solo explicó el 13.9% de la variación en abundancia explicada por la variación del vigor de vegetación y por la cobertura y precipitación. El resultado sugiere que a escala local las variables ambientales solo explican un porcentaje bajo de la abundancia, por lo que las interacciones ecológicas y la presión humana posiblemente influyan de manera más determinante en la presencia y abundancia registrada en el área de estudio.

**Palabras clave:** Nicho ecológico, Poblaciones, Tasas de Captura, Variables.

## ABSTRACT

Species management and conservation must be supported by actual information of abundance and geographic distribution, identifying influencing factors at different geographic scales. Although two studies provided estimates on the species potential distribution in Michoacan at different scales, one based at national level projections which apparently seems to overestimate the species actual and potential distribution, and a second study considered only a regional projection for the species distribution. Therefore, is unknown how environmental suitability and habitat quality relates with the peccary distribution and abundance, which is this chapter objective. Estimating population potential size, is vital for the identification of management and conservation of opportunities for the species, and for such is required to known the actual distributional area for the species and how this correlate with local abundances. An ecological niche model for *D. tajacu* was generated and evaluated using eight out of the 19 climatic variables, estimating 13,315 km<sup>2</sup> of suitable area in an elevational gradient of 365 to 1030 msnm, having the greater extent the lower Balsas region. The relationship between abundance in capture rates and environmental variables (average annual precipitation, temperature, elevation, NDVI value, vegetation proportion in km<sup>2</sup> and suitability categories of the species suitability distribution model). Simple and multiple linear regression models resulted insufficient to explain how abundance is affected by environmental factors. The best model only explained 13.9% of the variation in abundance explained by NDVI vegetation value, vegetation cover and precipitation. The result suggest that at local scale the environmental variables explain a minimal level of abundance, hence ecological interactions and human pressure likely influence in a more determinant way the presence and abundance recorded in the camera trap-areas.

**Keywords:** Ecological niche, Capture rates, Populations, Variables.

## 17. INTRODUCCIÓN

El manejo y conservación de las especies requiere de información fundamental sobre la abundancia y distribución geográfica. Conocer los factores que relacionan estos parámetros a escalas locales o de mayor amplitud brinda la base para la decisión sobre su conservación y el manejo potencial para la especie de interés. El pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*) es una especie de amplia distribución en México prácticamente se encuentra en todo el territorio excepto en la Península de Baja California (Gongora *et al.*, 2011).

Es una especie de suma importancia en las comunidades, ya que modifica el paisaje debido a su actividad de ramoneo, principalmente en los arbustos también forma parte de una red alimenticia como herbívoro dispersor de las semillas de las diversas plantas de las que se alimenta. Sin embargo, un rol de suma importancia para esta especie es su uso como alimento de subsistencia para las comunidades rurales (Naranjo *et al.*, 2010). Además, influyen en la estabilidad poblacional de los grandes carnívoros presentes en el territorio mexicano como: el puma (*Puma concolor*), el jaguar (*Panthera onca*), el coyote (*Canis latrans*), y el gato montés (*Lynx rufus*) (Knipe, 1957).

Entre el aprovechamiento del pecarí de collar por parte de las comunidades esta su uso como trofeo de caza, siendo una de las especies más importante para esta actividad en el país (Weber y González 2003), sin embargo, no se sabe con exactitud la condición de las poblaciones, por ese motivo el conocimiento sobre sus poblaciones y distribución en ciertas regiones es útil en el diseño de su manejo y conservación a escala local y regional.

Un aspecto central para la conservación de las especies es conocer su distribución actual, y los sitios óptimos para que la especie se encuentre presente esto en base al conocimiento de variables biológicas favorables. Un avance muy importante dentro de la metodología para estudiar la distribución de las especies son los métodos aplicados en la generación de modelos que predicen la distribución potencial de las especies, favorecida por la oferta de softwares especializados en propiedades geográficas, procesamiento y análisis digital, la amplia difusión de

información geoespacial y el desarrollo de las técnicas de sistemas de información geográfica (Scott *et al.*, 2002).

La modelación del nicho ecológico (MNE) (Peterson, 2001) hace uso de variables climáticas y las combina con registros de presencia de la especie para modelar sus requerimientos ecológicos. El resultado del MNE predice distribuciones hipotéticas debido a que están condicionados por los datos de entrada y a que existen factores bióticos e históricos que por lo general no son considerados al momento de generar los modelos (Illoldi-Rangel *et al.*, 2008). La MNE ha sido ampliamente usada con fines de conservación para evaluar el impacto provocado por el cambio de uso de suelo sobre la distribución de mamíferos (Sánchez-Cordero *et al.*, 2005; Peterson *et al.*, 2001; López-Arévalo *et al.*, 2001).

Hasta ahora existen pocos estudios en el que se haya modelado la distribución de la especie a una escala estatal, existiendo estimaciones a escala nacional o regional. Ceballos *et al.*, (2006) modelaron la distribución potencial del pecarí a nivel nacional mediante GARP empleando 19 coberturas climáticas de Worldclim y generado a partir de registros de localidades nacionales, obteniendo como resultado un mapa con aptitud alta y extensa y distribución uniforme para las cinco regiones fisiográficas del estado de Michoacán.

Yañez-Arenas *et al.*, (2012), generaron un modelo de nicho ecológico para la especie en la región Bajo Balsas, Michoacán empleado el algoritmo Maxent, en el modelo incluyeron 37 registros provenientes tanto de campo como de datos históricos descargados de varias fuentes (REMIB, GBIF, MaNIS), utilizaron seis variables climáticas de Worldclim, así como variables topográficas.

Como resultado estimaron 5,762 Km<sup>2</sup> (9.6% del territorio estatal) de extensión con aptitud ambiental y donde registraron las mayores incidencias en la selva baja caducifolia y el bosque mixto (pino-encino), indicando que la especie pierde considerablemente área de distribución potencial debido al efecto de cambio en la cobertura del suelo.

La forma en la que se relaciona el nicho ecológico con la abundancia es un tema que ha llamado la atención (VanDerWal *et al.*, 2009), se asume que el uso de datos de ocurrencia, que proporciona un mapa de aptitud ambiental para una especie, y se basa en variables ambientales en donde se espera que áreas con mayor aptitud indiquen áreas con mayor probabilidad de albergar poblaciones más abundantes (Weber *et al.*, 2016). Los modelos espaciales permiten identificar áreas con distintos grados de aptitud, y si se relacionan o examinan en conjunto con la calidad de hábitat, teóricamente pueden auxiliar en la estimación de abundancias potenciales, ya que la selección de hábitat es proporcional a la probabilidad de que un área sea habitada por un individuo (Manly *et al.*, 2002).

En Michoacán se desconoce cómo se relaciona la abundancia y la distribución del pecarí de collar con la aptitud ambiental y la calidad del hábitat. Esta información es vital para estimar el tamaño poblacional potencial, e identificar oportunidades para el manejo y conservación de la especie a partir del conocimiento más detallado de cómo se relacionan las abundancias locales con los factores ambientales y la dinámica poblacional, permitiendo plantear actividades para el desarrollo social y recreativo en regiones pobres del estado.

## 18. HIPÓTESIS NULA

**H1:** Aunque el modelo de distribución potencial del *Dicotyles tajacu* muestra heterogeneidad ambiental, la escala a la que ocurren estas diferencias no son suficientemente amplias para correlacionarse con la abundancia local de manera significativa, ya que las interacciones ecológicas y la presión humana también influyen en abundancia local de la especie, aunque esta sea relativamente generalista en requerimientos de hábitat.

## 19.OBJETIVOS

- ❖ Generar un modelo actual de distribución potencial para el pecarí en Michoacán, examinando los sitios de muestreo con las variables ambientales y su posible correlación con la abundancia local de la especie.
- ❖ Generar un modelo de distribución potencial para el pecarí mediante la metodología de modelado de nicho ecológico.
- ❖ Evaluar la correlación de las variables ambientales con la abundancia local del pecarí de collar.

## 20. MATERIALES Y MÉTODOS

### 20.1 ANALISIS DE DATOS

#### 20.1.2 Modelado de nicho ecológico

Se generó un modelo de nicho ecológico para el pecarí de collar (*Dicotyles tajacu*) mediante el software Maxent Versión (3.4.1) el cual se basó en 106 las coordenadas únicas obtenidas en campo mediante fototrampeo las regiones fisiográficas de Michoacán, de las cuales se utilizaron 50% para entrenamiento así como para la validación del modelo y utilizando 8 de las 19 variables bioclimáticas, estas con menor correlación (Loiselle, 2007) (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Variables ambientales empleadas en el modelo.

Variable	Descripción
BIO 1	Temperatura media anual
BIO2	Promedio del rango diario (promedio mensual (t máx - t min))
BIO3	Isotermalidad,
BIO5	Temperatura máxima de mes más caluroso
BIO6	Temperatura mínima de mes más frío
BIO13	Precipitación de mes más húmedo
BIO14	Precipitación de mes más seco
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación)

### **20.1.3 Validación del modelo**

La calidad del modelo se verificó mediante la curva operada por el receptor (ROC, por sus siglas en inglés), probando que el modelo se desempeña mejor que un modelo aleatorio (Phillips *et al.* 2006). Y posteriormente reclasificado mediante un umbral de corte.

### **20.1.4 Distribución por elevación**

Para examinar el relieve y la escala altitudinal, se utilizó el “Modelo Digital de Elevación” (DEM) descargado de la página de Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2018).

### **20.1.5 Distribución por tipo de vegetación**

Para describir la distribución de los registros obtenidos de pecarí se analizó mediante un cruzamiento en software Idrisi “Selva” la proporción por tipo de vegetación utilizando la cubierta Uso de suelo en alta definición para el estado de Michoacán, (CIGA UNAM, 2014) con escala 1:50 000 y unidad de medida hectáreas.

### **20.1.6 Distribución por región fisiográfica**

Para examinar la distribución de los registros se analizó mediante el cruzamiento del modelo de nicho ecológico y el modelo de las regiones fisiográficas de Michoacán (CONABIO, 2005).

## **21.2 Análisis estadísticos**

### **21.2.1 Regresiones simples y múltiples**

Se examinó la relación entre las tasas de captura por sitio como medida de la abundancia local mediante regresiones lineales simples y múltiples, y las variables ambientales de precipitación, elevación, temperatura promedio anual, proporción de vegetación, valor de NDVI (Índice de vegetación normalizado) y categoría de aptitud del modelo de distribución empleando como variable dependiente la tasa de captura. Los análisis se obtuvieron empleando el software JMP v.11.0, y el módulo PROC REG de SAS (SAS 2001) considerando un valor de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

## 22. RESULTADOS

### 22.1 Modelado de nicho ecológico

El área con presencia potencial para el pecarí de collar se estimó en 13, 315 km<sup>2</sup>, e incluye principalmente tres regiones del estado, su área de aptitud para presencia potencial equivale al 22% de la extensión del estado de Michoacán (de 59,864 km<sup>2</sup>).

El modelo de Maxent basado en ocho variables climáticas predijeron adecuadamente condiciones para la ocurrencia de *Dicotyles tajacu*. El modelo se validó mediante el análisis de ROC parcial, considerándose un valor de proporción de 0.05. Se obtuvo un valor medio de la relación de AUC (0.84), demostrando que el modelo predice la distribución mejor que un modelo al azar.

El valor de umbral logístico de entrenamiento de presencia de “Equal training sensitivity and specificity” (Escalante 2013) fue de 0.311 y este valor se utilizó para reclasificar el modelo de Maxent en un mapa de presencia/ausencia.

Como resultado se obtuvo un mapa que presenta una probabilidad donde 0 es probabilidad nula de que las condiciones permitan que la especie esté presente. Los valores intermedios (0.50- 0.75) representan área con las condiciones más adecuadas para la ocurrencia de la especie y > 0.76 donde las condiciones son las óptimas para la presencia de la especie (Figura 8).

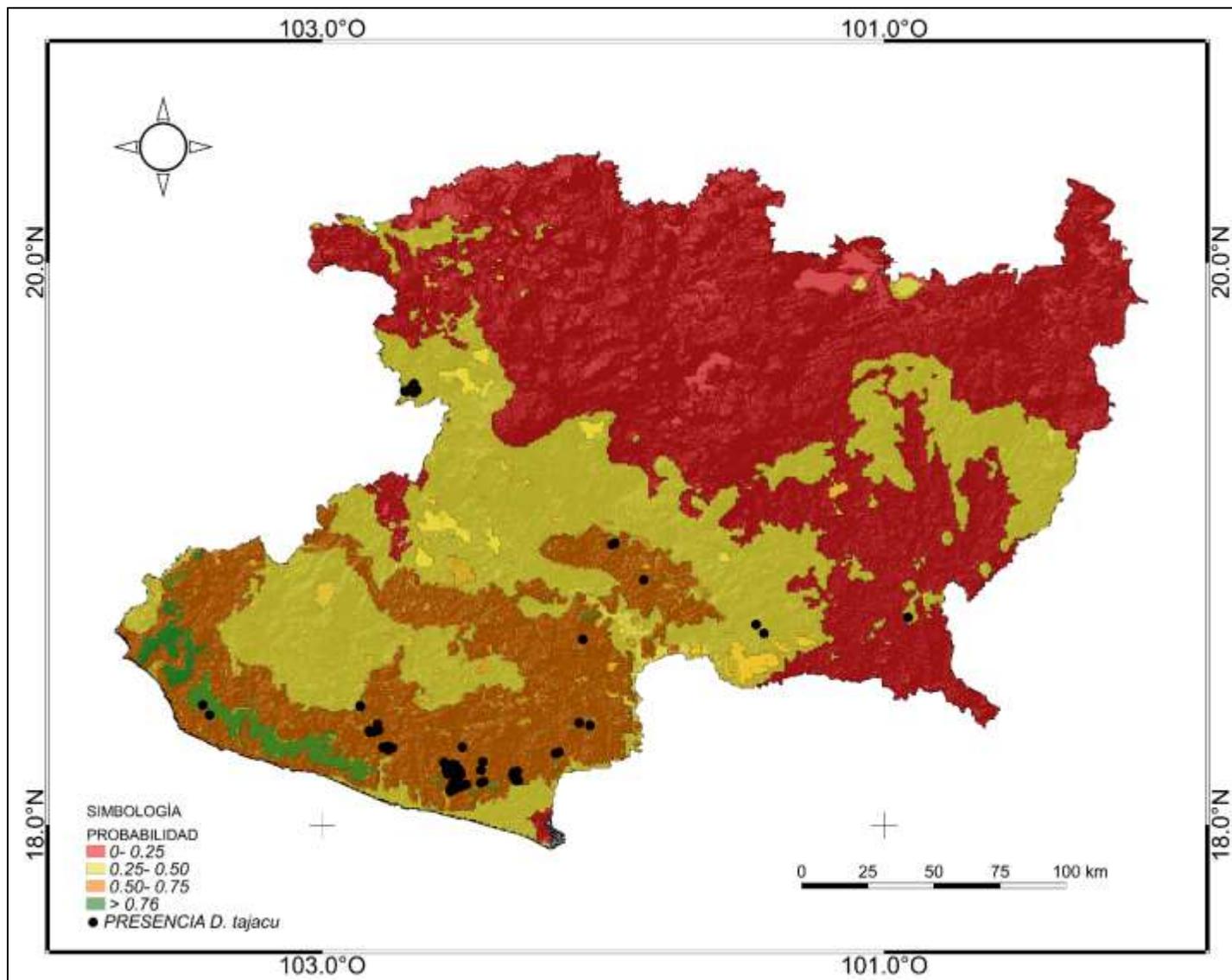


Figura 8. Probabilidad de ocurrencia de *Dicotyles tajacu*.

## 22.2 Distribución por elevación

De los 13,315 km<sup>2</sup>, el 65.4% del superficie correspondió a intervalos altitudinales de 501 a 1000 msnm y en menor extensión para el modelo se estimó entre los 100-500 msnm con el 9.0% (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Distribución de aptitud por elevación por km<sup>2</sup>.

Elevación msnm por km <sup>2</sup> (%)	Categorías de aptitud		
	Alta	Moderada	Baja
100- 500 (1,01.9 9.0%)	849.7	352.2	-
501- 1000 (8,720.7 65.4%)	-	5,308.1	3,412.6
1001- 1500 (3,392.4 25.7%)	-	539.0	2,853.4
<b>Total</b>	<b>849.7</b>	<b>6,199.30</b>	<b>6,266.0</b>

### 22.3 Distribución por tipo de vegetación

De los 13,315 km<sup>2</sup> de superficie de aptitud ambiental para la distribución potencial, la mayor extensión equivalente al 55.6% coincidió con áreas de bosque tropical caducifolio (7,410 km<sup>2</sup>), seguido de ecotonos de bosque templado con 24.9% (3,328 km<sup>2</sup>). El tipo de vegetación de menor extensión en el modelo se estimó para la agricultura con 171 km<sup>2</sup> (1.2%) (Cuadro 12).

.**Cuadro 12.** Distribución de aptitud por tipo de vegetación.

Vegetación por Km <sup>2</sup> (%)	Categorías de aptitud		
	Alta	Moderada	Baja
Agricultura 171 (1.2%)	0.0	171.0	0.0
Bosque tropical caducifolio 7,410 (55.6%)	1801.0	4694.0	915.0
Bosque templado 3,328 (24.9%)	851.0	1307.0	1170.0
Pastizal 2,406 (18.0%)	797.0	619.1	990.0
<b>Total</b>	<b>3449.0</b>	<b>6791.1</b>	<b>3,075.0</b>

## 22.4 Distribución por región fisiográfica

El área con presencia potencial mostró diferencias en extensión entre regiones con la región del Bajo Balsas mostrando la mayor distribución potencial con 4.747 km<sup>2</sup>, seguido de la Sierra Madre del sur con 4,027 km<sup>2</sup> mientras que la Planicie Costera mostro la menor extensión territorial con 529 km<sup>2</sup> (Cuadro 12).

En cuanto a la aptitud para la ocurrencia de la especie los mayores valores de área por región fisiográfica se concentraron para la aptitud moderada en la región Sierra Madre del Sur, siendo la aptitud alta la que mostró los valores más bajos en cuanto a área para la región Planicie costera (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Distribución potencial por región fisiográfica por Km<sup>2</sup>.

<b>Región</b>	<b>Total (%)</b>	<b>Alta</b>	<b>Moderada</b>	<b>Baja</b>
<b>Planicie Costera</b>	529.0 (4.0)	529.0	-	-
<b>Sierra Madre del Sur</b>	4,027 (30.3)	932.0	2,112.0	983.0
<b>Bajo Balsas</b>	4,747 (35.6)	13.0	2,423.0	2,311
<b>Eje Neovolcánico Transversal</b>	4,012 (30.1)	73.0	2,236.0	1,703.0

## 22.5 Variables ambientales y abundancia relativa

En un análisis de regresión múltiple, empleando el módulo Max R de SAS, se analizó como variables independientes a los factores ambientales (temperatura promedio anual, elevación, precipitación anual, proporción de vegetación en km<sup>2</sup>, valor de NDVI y categoría de aptitud), y como variable dependiente las tasas de captura, evaluándose secuencialmente la combinación de variables con la mayor asociación.

El valor más alto de coeficiente de determinación incluyó a todas las variables, pero su  $R^2$  fue de 0.139, ( $F=1.63$ ;  $P=0.117$ ), indicando una baja correlación entre las tasas de captura y los factores ambientales. Individualmente ninguna variable ambiental mostró un coeficiente de determinación significativo (Cuadro 14).

**Cuadro 14.** Resultados del análisis de correlación entre tasas de captura y variables ambientales.

	<b>F-Value</b>	<b>P-value</b>
Modelo completo	1.63	0.117
Temperatura promedio anual	2.48	0.119
Elevación	0.13	0.722
Precipitación anual	0.07	0.792
Proporción veg/km <sup>2</sup>	0.02	0.875
Valor de NDVI	0.02	0.881

### 23. DISCUSIÓN

Aunque existe un modelo de distribución potencial para el pecarí en México y para Michoacán (Ceballos et al.,2006), el área de aptitud para distribución potencial es extensa y relativamente uniforme representado hasta el 90% del territorio. Sin embargo, los resultados en este estudio predicen aptitud para un área de 13,315 km<sup>2</sup>, que representa el 22% de la extensión del estado de Michoacán (59,864 km<sup>2</sup>) (Apéndice V).

Afortunadamente, de los 13,315 km<sup>2</sup> de distribución de áreas de aptitud ambiental para la especie, el mayor porcentaje corresponde a zonas de aptitud moderada en 51%, seguido de alta aptitud con 25%, siendo menor proporcionalmente las áreas de aptitud baja. La ocurrencia del pecarí de collar en el estado, por sus niveles de idoneidad y cobertura regional parece exhibir una amplitud de nicho grande (Sowls 1984; Gallina *et al.*, 2010; Yañez-Arenas *et al.*, 2012).

El modelo y la estimación del área de distribución potencial en Michoacán son robustos, ya que se basan en registros confiables de fototrampeo, el cual se desarrolló a lo largo de una década en la que se muestreó representativamente áreas de las cinco regiones fisiográficas en el estado, además de verificar la existencia de registros en plataformas de bases de datos.

El pecarí se presenta en amplios intervalos altitudinales de acuerdo a su distribución potencial, en la que se presentó mayor ocurrencia de la especie de los 365 y los 1,393 msnm. Sin embargo, los intervalos en los que se le ha observado en el estado van de los 106 a los 2,309. Dichos resultados contrastan con los valores registrados por Yañez-Arenas *et al.*, 2012; Ortíz-García *et al.*, 2012).

A nivel estatal la mayor proporción de vegetación se estimó para el bosque tropical caducifolio con 7,410 km<sup>2</sup> (55.6%) y solo 171 km<sup>2</sup> (1.2%) de Agricultura, y contrasta con los resultados obtenidos en el estudio a escala regional (Yañez-Arenas *et al.*,2012) en el que se estimó mayor cobertura en bosque tropical caducifolio y bosque de pino-encino. Por lo que el 80% de la distribución potencial

del pecarí se correlacionó con vegetación natural. Otra diferencia entre esta evaluación a escala estatal vs. escala regional es la proporción de tipos de vegetación disponibles en las áreas de aptitud climática.

El modelo es congruente con lo que se conoce de requerimientos del pecarí de collar, ya que es un organismo que requiere de la presencia de una cobertura vegetal desarrollada para protegerse de las condiciones extremas, de los depredadores y para su descanso (Gabor *et al.*, 2001).

El modelo de aptitud ambiental predice aptitud en cuatro regiones fisiográficas del estado de acuerdo a la regionalización de CONABIO (CONABIO,2005), Bajo Balsas, Sierra Madre del Sur, Planicie Costera y Eje Neovolcánico Transversal, mientras que el modelo a escala nacional (Ceballos *et al.*,2006) reporta una predicción para las cinco regiones en el estado (Apéndice V). Aunque en el esfuerzo de fototrampeo en el Sistema Neovolcánico Transversal no se registró la presencia del pecarí, el esfuerzo de muestreo incluyó elevaciones desde 1877 msnm, y la delimitación de la región incluye elevaciones a menor altitud, además existe una gran extensión de colindancia con la región del Bajo Balsas por lo que la existencia de pecarí es posible. Tampoco se encontró registros en las bases de datos digitales como Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Unidad Informática para la Biodiversidad (UNBIO) y la Colección de Fotocolectas Biológicas de la UNAM (CFB).

Examinando el modelo y sus niveles de aptitud con respecto a las regiones fisiográficas, la mayor predicción se generó para el Bajo Balsas, sin embargo, es para la que casi no se predice área de aptitud alta, además de presentar la mayor extensión en baja aptitud seguido de la Sierra Madre del Sur, (Cuadro 13).

El hecho es que, si bien existe la idoneidad ambiental para el establecimiento de poblaciones silvestres, esto no significa que exista la presencia del pecarí en todas las áreas predichas ya que existen otros factores, sobre todo bióticos y los relacionados a las actividades humanas, que pueden estar afectando la

disponibilidad de recursos para la presencia de la especie y por ende su distribución (Soberón y Peterson 2005).

Los resultados obtenidos en este análisis complementan al modelo de escala regional generado anteriormente por Yañez-Arenas *et al.*, (2012), quienes para la región del Bajo Balsas estimaron extensión territorial del pecarí de 5,762 km<sup>2</sup>, y en este estudio se estimó 4,747km<sup>2</sup>, indicando también las proporciones que corresponden a las distintas categorías de aptitud.

Un refinamiento futuro de los modelos de pecarí de collar deberá incluir muestreo en áreas de ecotonos, y de los límites existentes en el modelo de regionalización empleado, ya que distintas propuestas de regionalización establecen límites geográficos distintos entre regiones. Para conocer con mayor certidumbre la distribución regional potencial de la especie, se sugiere examinar el modelo de aptitud ambiental del pecarí con respecto a distintos modelos de regionalización, y no únicamente el de CONABIO.

A escala local, al revisarse individualmente las variables ambientales y la abundancia de la especie, los resultados indicaron baja correlación ( $R^2 = 0.139$ ) entre estos. Ni en los modelos de regresión múltiple ni individualmente alguna variable mostro un coeficiente de determinación significativo. Las posibles explicaciones incluyen desde conducta de la especie, los patrones de dispersión a escala local que pueden tener los recursos, y las interacciones como depredación, factores antropogénicos (VanDerWal *et al.*, 2009; Coronel-Arellano *et al.*, 2009).

## **RECOMENDACIONES**

Al no ser los modelos de distribución potencial de especies a escala nacional suficientemente precisos, y sobreestimar las distribuciones, es crucial generar modelos de distribución potencial a nivel estatal basados en muestreo de campo actual para así proporcionar información que permita conocer el estado en el que se encuentran sus poblaciones.

Los modelos de distribución potencial resaltan regiones con probabilidad de ocurrencia, los cuales deben ser validados en campo y analizados en términos de abundancia para ser considerados en el manejo cinegético ordenado y planificado sobre de la especie. Para ellos es además fundamental monitorear a las poblaciones para conocer la relación entre el grado de aptitud, el grado de influencia humana, y la distribución espacial del pecarí.

## 24. CONCLUSIONES

En este estudio presenta un modelo robusto sobre la distribución potencial que incluye el análisis sobre la distribución a escala estatal en México.

El modelo indica que las regiones Sierra Madre del Sur y la Planicie Costera, son las de mayor aptitud para la especie en términos cualitativos, aunque la región con mayor extensión para la especie es el Bajo Balsas.

Aunque el modelo predice distribución potencial para la especie en cuatro de las cinco regiones del estado, todavía se requiere muestreo en zonas de ecotono para delimitar la presencia de la especie en el Sistema Neovolcánico Transversal, en especial en áreas tropicales y subtropicales por debajo de 1400 msnm.

Al ser el pecarí una especie primordialmente de afinidad neotropical, y al presentarse en Michoacán en bosque tropical caducifolio, constituyendo la mayor extensión de vegetación presente en cada región para la especie.

Sin embargo, al presentarse diferencias en cada región en nivel de aptitud climática y su extensión, debe examinarse como este tipo de vegetación difiere a escala local en función del clima predominante localmente, ya que existe diferencias importantes en el nivel de precipitación entre regiones como la Planicie Costera, con mayor superficie de aptitud, y el Bajo Balsas con la mayor extensión de baja aptitud.

Aunque el pecarí de collar se distribuye en las regiones donde predominan los bosques tropicales caducifolios, en las áreas montañosas de mayor elevación se presentan ecotonos con bosques templados de pino-encino, los cuales se presentan como el segundo conjunto de vegetación, por lo que debe evaluarse con mayor detalle su importancia para el pecarí, ya que ofrece una composición de plantas y recursos distintos.

## 25. LITERATURA CITADA

- Ceballos, G., S. Blanco, C. González, y E. Martínez. 2006. *Tayassu tajacu* (Pecarí de collar). Distribución potencial, escala: 1:1000000. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. [http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/tay\\_tajagw.xml?\\_httpcache=yes&\\_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc\\_html\\_xsl&\\_indent=no](http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/tay_tajagw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html_xsl&_indent=no)
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2005. *La Biodiversidad en Michoacán, Estudio de Estado*. Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Coronel-Arellano, H., López-González., C.A. y C. N. Moreno-Arzate. 2009. ¿Pueden las variables de paisaje predecir la abundancia de venado cola blanca? El caso del noroeste de México. *Tropical Conservation Science*. 229-236. <https://doi.org/10.1177%2F194008290900200209>
- Cortés-Marcial, M., y Briones-Salas, M. 2014. Diversidad, abundancia relativa y patrones de actividad de mamíferos medianos y grandes en una selva seca del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca, México. *Revista de Biología Tropical*. 64(4):1433-1448.
- Escalante, T., Rodríguez-Tapia, G. Linaje., M., Illoldi-Rangel., P. & R. González-López., R. 2013. Identification of areas of endemism from species distribution models: Thresholds selection and Neartic Mammals. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*.16(1)5-17.
- Gabor, T. M., E. C. Hellgren, & J. S. Nova. 2001. Multi-Scale Habitat Partitioning in Sympatric Suiforms. *Journal of Wildlife Management* 65:99-110.
- Gallina, S., S. Mandujano, J. Bello, H. F. López-Arévalo, & M. Weber. 2010. White-tailed deer *Odocoileus virginianus* (Zimmermann 1780). Pp. 101-118 in *Neotropical Cervidology*. (Duarte J. M. B., y S. González. eds.). Fundação de Apoio a Pesquisa, Ensino e Extensão (FUNEP), Jaboticabal, Brasil/ International Union for Conservation of Nature (IUCN)./Fundación Empresa Pública, Gland, Suiza.

- Góngora, J., Reyna Hurtado, R., Beck, H. Taber, A., Altricher, M. & Keuroghlian, A. 2011. *Pecari tajacu*. En IUCN 2020. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020. Consultado el 5 de diciembre de 2020. [www.iucnreslist.org](http://www.iucnreslist.org)
- Iloldi, P. y T. Escalante. 2008. De los modelos de nicho ecológico y las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía* 3:7-12
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2018. Modelo Digital de Elevaciones. Michoacán, México.
- Knipe, T. 1957. Javelina in Arizona. *Wildlife Bulletin* no. 2. Arizona Game and Fish Department. Arizona. USA.
- Loiselle, B. A., Jorgensen, M. P. Consiglio, T. Jiménez, I. Blake, G. J. Lohmann, G. J. & M. O. Montiel. 2007. Predicting species distributions from herbarium collectios: does climate bias in collection sampling influence model outcomes? *Journal of Biogeography*.
- López-Arévalo, H. F., S. Gallina, R. Landgrave, E. Martínez-Meyer, & L. E. MuñozVillers. 2011. Local knowledge and species distribution models contribution towards mammalian conservation. *Biological Conservation*. 144 :1451-1463.
- Manly, B., M., L., Thomas, D., McDonald, T., y Erickson, W. 2007. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. Springer Science & Business Media.
- Naranjo, E.J., López-Acosta, J.C. y R. Dirzo. 2010. La cacería en México. *Biodiversitas* 9: 6-10.
- Ortíz-García, A. I., Ramos-Robles, M. I., Pérez-Solano, L. A., & Mandujano, S. 2012. Distribución potencial de los ungulados silvestres en la Reserva de Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, México. *Therya*, 3(3), 333–348. <https://doi.org/10.12933/therya-12-89>.
- Peterson, A. T. 2001. Predicting species' geographic distributions based on ecological niche modeling. *The Condor* 103:599-605.
- Phillips, S., Anderson, R. & R. Schapire. 2006. Maximun entropy modeling of species geographic distribution. *Ecological Modeling*, 190, 231-459.

- QGIS Development Team (2017) Quantum GIS Geographic Information System. Open-Source Geospatial Foundation Project. Available: <http://qgis.osgeo.org>.
- Sánchez- Cordero, V., A. T. Peterson y P Escalante Pliego. 2001. Modelado de la distribución de especies y la conservación de la diversidad biológica. P. 359-379.
- SAS Institute Inc. 2001. JMP IN Statical Discovery Software, Versión 11. SAS. Campus Drive. Cary, NC.
- Scott, J. M., P. J. Heglund, M. L. Morrison, J. B. Haufler, M. G. Raphael, W. A. Wall, & F. B. Samson. 2002. Predicting species occurrences: Issues of accuracy and scale. Island Press, Washington, EE.UU.
- Sowls, L. K. 1984. The peccaries. University of Arizona Press. Tucson, EE.UU.
- VanDerWal, J., Shoo, L., Johnson, C. & Williams, S. (2009). Abundance and the environmental niche: environmental suitability estimated from niche models predicts the upper limit of local abundance. *The American Naturalist*, 174, 282–291.
- Weber, M., Stevens, R., Diniz-Filho, J., & Grelle, C., 2016. Is there a correlation between abundance and environmental suitability derived from ecological niche modelling? A meta-analysis. *Ecography (Cop.)*. 39, 1–12.
- WORLDCLIM.2018. Capas de variables climáticas formato ráster. En [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org)
- Yañez-Arenas, C., Mandujano, S., Martínez-Meyer, E., Pérez-Arteaga, A. A., y González-Zamora, A. 2012. Modelación de la distribución potencial y el efecto del cambio de uso de suelo en la conservación de los ungulados silvestres del Bajo Balsas, México. *Therya*, 3(1), 67–79. <https://doi.org/10.12933/therya>

## 26. APÉNDICES

### Apéndice I. Estudios en que se estima la abundancia de poblaciones de *Dicotyles tajacu*.

País	Esfuerzo (Días trampa)	Densidad Ind/km	Abundancia- tasa de captura pecarí cada 100 días	Individuos/Piara	Vegetación	Temperatura promedio	Precipitación	Situación área	Referencia	Año
México, Chamela, Jal.	-	2.8-4.1	-	0.67	SM	-	-	-	Mandujano	1991
México, Quintana Roo	-	61.6	-	-	-	-	-	-	Quijano-Hernández	1996
México, Jalisco	-	-	-	1 a 12	BTC	-	-	-	Mandujano	1999
México, Chamela, Jalisco	-	4.9±1.6	-	4.1-7.0	BTC	-	-	-	Mandujano y Martínez- Romero	2002
México, Chiapas	-	1.19	-	-		-	-	-	Lira y Naranjo	2003
México, Jalisco	-	3.5-21.3	-	-	BTC	-	-	Protegida	Miranda <i>et al</i>	2004
México, Yucatán	-	0.155	-	-		-	-	-	Pacheco	2004
México, Yucatán	-	0.15	-	-		-	-	-	Montes-Pérez	2011
México, Chiapas	-	-	6.0	-		-	-	-	Rodríguez-García y Naranjo-Piñero	2004
México, Chiapas	-	-	0.0007	-		-	-	Protegida	Álvarez-Vilchis y Cruz- Aldán	2004

México, Oaxaca	-	-	1.62	-	BT	-	-	Protegida	Monet	2006
México, Chiapas	-	4.9-7.5	-	-		-	-	-	Mandujano	2007
México, Yucatán	-	1.19	-	-	BS	-	-	Protegida	Naranjo y Bodmer	2007
Costa Rica, Talamanca	1980	-	7.47	-	-	25°-C	2000-5000	Protegida	González-Maya	2007
Costa Rica, Corcovado	4,690	-	1.49	-	BL	25°	4500-6000	-	Bustamante	2008
México, Michoacán	2,811	-	14.28	-	-	-	-	-	Charre-Medellin	2009
México, Yucatán	2150	-	0.025	-	BTS	-	-	Protegida	Chávez et al	2009
México	809	-	0.02	-	BTS	-	-	Protegida	Lazcano-Barrero	2010
México, Calakmul	450	-	0.151	-	BTC	-	-	Protegida	Chávez	2006
México, Yucatán	4,305	-	1.02	-	SBC	-	-	Protegida	Monroy-Vilchis	2010
México	8,663	-	0.44	-	SBC	-	-	Protegida	Hernández-Saint	2013
México, Chiapas	1,147	-	6.17	-	BT	-	-	Protegida	Naturaleza y cultura A.C	2011

México, - Tuxpan	1852	-	0.26	-	SBC	-	-	Protegida	CONANP	2011
Honduras, La Mosquitia	2,400	-	11.25	-	BTH	-	3000	Protegida	Portillo-Reyes	2011
México, Chiapas		-	0.21	-	BTC	-	-	-	Chávez-Hernández	2011
México, Michoacán	2,811	-	28.7	-	-	-	-	-	Charre-Medellin	2012
Colombia		-	0.24	-	-	-	-	-	Gómez-Valencia y Montenegro	2012
México, Oaxaca	5,292	-	2.62	-	BTC	27.6°	932.3	Protegida	Cortés-Marcial y Briones- Salas	2014
México, Yucatán	3,284	-	15.35	-	-	27.9°	600-1,272	Protegida	Hernández-Pérez	2015
México, Tamaulipas	8,580	-		-	BTC	14-25.2°	95.2-1028.7	Protegida	Carrera-Treviño	2016

**Apéndice II.** Conducta reproductiva de *D. tajacu* durante el inicio de la época seca.



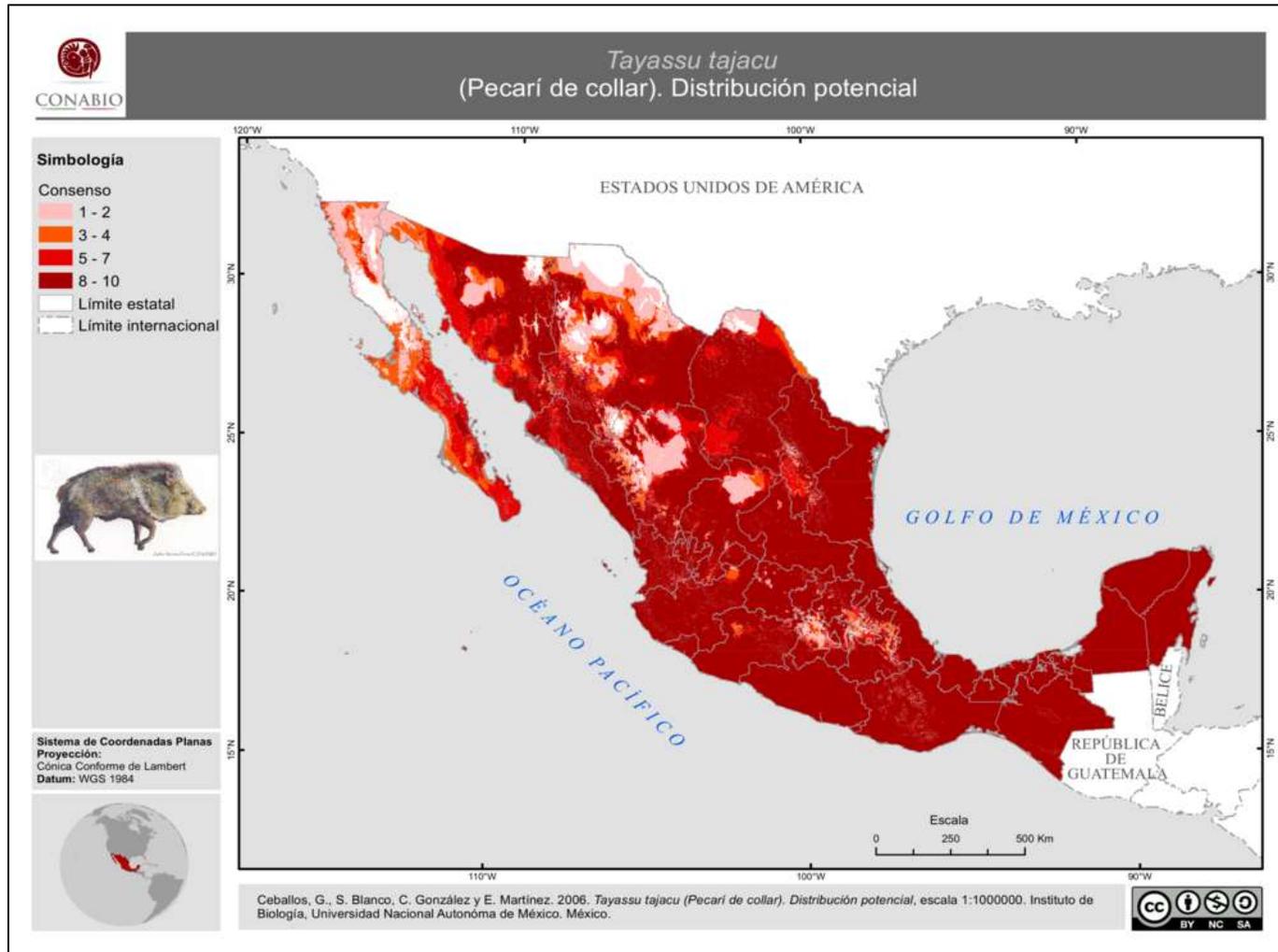
**Apéndice III.** Eventos en que se observa crías de *D. tajacu*.







**Apéndice IV.** Modelo donde se proyecta distribución potencial en escala nacional, observándose su amplia distribución para Michoacán.



**Apéndice V.** Modelo comparativo de la distribución potencial de *Dicotyles tajacu* en Michoacán.

