

Informe Final del Proyecto “Caracterización ecológica de la fauna mediana y grande en áreas protegidas de la provincia de Manabí”

<http://faunamanabi.github.io/>

Modelos de Ocupación, bajo el modelo estático (MacKenzie et al. 2002) para para las especies de mamíferos en el Refugio de Vida Silvestre y Marino Costera Pácora

*Departamento Central de Investigaciones (DCI),
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM)*

Diego J. Lizcano

Laura Cervera

Violeta Pares

Septiembre, 2015

Contents

1	La ocupación de hábitat	3
2	Duración del muestreo	3
3	Especies registradas	6
3.1	Distribucion posterior de la riqueza de especies	6
4	Covariables	8
5	Algebra del modelo de ocupación	9
6	Modelos de ocupación por especie	10
6.1	El yagouaroundi (<i>Puma yagouaroundi</i>)	10
6.1.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	10
6.1.2	Selección de Modelos	10
6.2	El Cabeza de Mate (<i>Eira barbara</i>)	11
6.2.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	11
6.2.2	Selección de Modelos	11
6.3	El tigrillo (<i>Leopardus wiedii</i>)	12

6.3.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	12
6.3.2	Seleccion de Modelos	12
6.4	La vaca (<i>Bos primigenius</i>)	13
6.4.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	13
6.4.2	Seleccion de Modelos	13
6.5	El Perro domestico (<i>Canis lupus</i>)	14
6.5.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	14
6.5.2	Seleccion de Modelos	14
6.6	El Oso Hormiero (<i>Tamandua mexicana</i>)	15
6.6.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	15
6.6.2	Seleccion de Modelos	15
6.7	El Venado (<i>Odocoileus virginianus</i>)	16
6.7.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	16
6.7.2	Seleccion de Modelos	16
6.8	El Conejo (<i>Sylvilagus brasiliensis</i>)	17
6.8.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	17
6.8.2	Seleccion de Modelos	17
6.9	El Caballo (<i>Equus ferus</i>)	18
6.9.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	18
6.9.2	Seleccion de Modelos	18
6.10	La Guanta (<i>Cuniculus paca</i>)	19
6.10.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	19
6.10.2	Seleccion de Modelos	19
6.11	La Guatusa (<i>Dasyprocta punctata</i>)	20
6.11.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	20
6.11.2	Seleccion de Modelos	20
6.12	La Cabra (<i>Capra aegagrus</i>)	21
6.12.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	21
6.12.2	Seleccion de Modelos	21
6.13	El Armadillo (<i>Dasypus novemcinctus</i>)	22
6.13.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	22
6.13.2	Seleccion de Modelos	22
6.14	La Ardilla de Guayaquil (<i>Sciurus stramineus</i>)	23
6.14.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	23
6.14.2	Seleccion de Modelos	23
6.15	El Mapache (<i>Procyon cancrivorus</i>)	24
6.15.1	Matriz de datos colapsada a 15 dias	24
6.15.2	Seleccion de Modelos	24

7	Código en R	24
7.1	Función para calendario	24
7.2	Función para análisis de ocupación	28
7.3	Función para análisis multiespecie riqueza y acumulacion	30
7.4	Información de sesión en R	31
	References	32



1 La ocupación de hábitat

Obtener datos para estudios de poblaciones animales, es costoso y dispendioso, y no siempre se puede medir la densidad poblacional o parámetros demográficos como natalidad o mortalidad (Michael L Morrison 2002). Estimar adecuadamente la densidad poblacional requiere de un elevado número de registros, con los costos económicos y logísticos que esto conlleva (M L Morrison, Marcot, and Mannan 2006). Es por eso que la estimación de la ocupación de hábitat (ψ) es una buena herramienta para estudiar poblaciones, ya que es un fiel reflejo de otros parámetros poblacionales importantes como la abundancia y la densidad poblacional (D. I. MacKenzie et al. 2002; D. MacKenzie et al. 2006). Sin embargo y debido a que la detectabilidad (p) en animales silvestres no es completa o perfecta, el uso de los datos crudos genera subestimaciones de la ocupación del hábitat. Pero, con el empleo de muestreos repetidos, es posible generar estimaciones de la detectabilidad y, con esta estimación, obtener valores no sesgados de la ocupación del hábitat. La incorporación de covariables permite explicar mejor la heterogeneidad de la relación entre la probabilidad de detección y el hábitat, pero estas relaciones deben ser establecidas para poder interpretar correctamente los resultados de los modelos de hábitat (Gu and Swihart 2004).

Los métodos de análisis de ocupación son una familia de modelos que permiten realizar inferencias acerca de los efectos de variables continuas y categóricas sobre la ocupación del hábitat (L. L. Bailey, MacKenzie, and Nichols 2013; Iknayan et al. 2014). Además, si los muestreos se realizan a través de períodos largos y sucesivos de tiempo, también es posible estimar tasas de extinción y recolonización, que son útiles en estudios de metapoblaciones. Este es un campo de gran desarrollo en bioestadística que ha producido una gran explosión de estudios que usan la ocupación teniendo en cuenta la detectabilidad (J Andrew Royle and Dorazio 2008; J. Andrew Royle et al. 2012).

2 Duración del muestreo

Las trampas cámara permanecieron activas desde final de septiembre 2014 hasta mayo 2015. La siguiente figura ilustra el periodo de actividad de cada trampa cámara, sus fechas de instalación, fechas de retirada, y su funcionamiento diario.

Time-Series Photo Calendar 2014

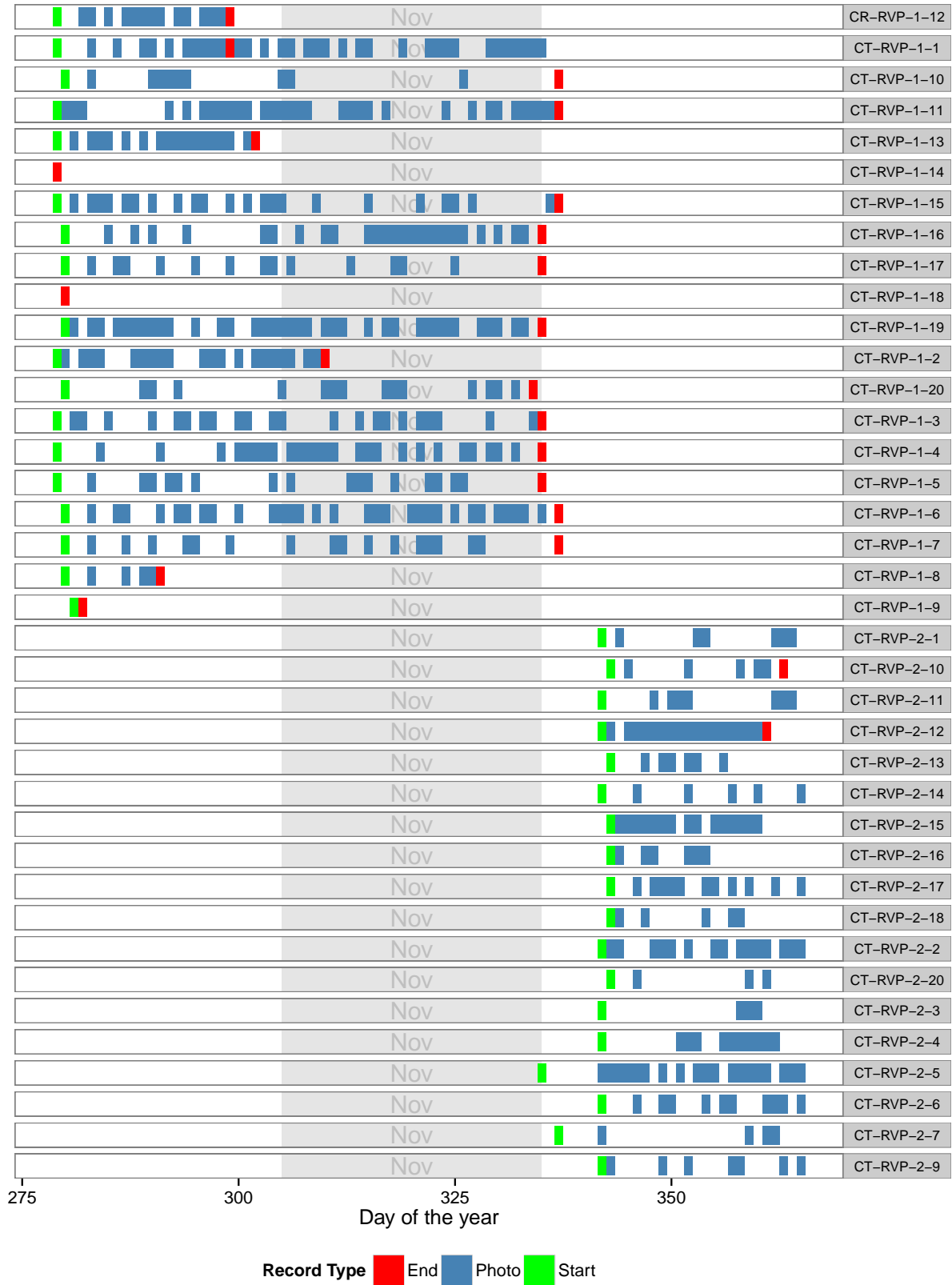


Figure 1 is a horizontal bar chart illustrating the timing of photo captures and the end of recording for 49 different CT-RVPs. The x-axis represents the 'Day of the year' from 0 to 150. The y-axis lists CT-RVPs, grouped by month: February (CT-RVP-2-1 to CT-RVP-2-20), March (CT-RVP-3-10 to CT-RVP-3-9), and April (CT-RVP-4-1 to CT-RVP-4-9). Each bar shows the duration of the recording (grey) and the timing of photo captures (blue vertical bars) and the end of recording (red vertical bar). A legend at the bottom indicates 'Record Type' with 'End' (red), 'Photo' (blue), and 'Start' (green).

3 Especies registradas

Las especies registradas en el Refugio de Vida Silvestre Marino Costera Pacoche fueron en total 38, entre aves y mamíferos.

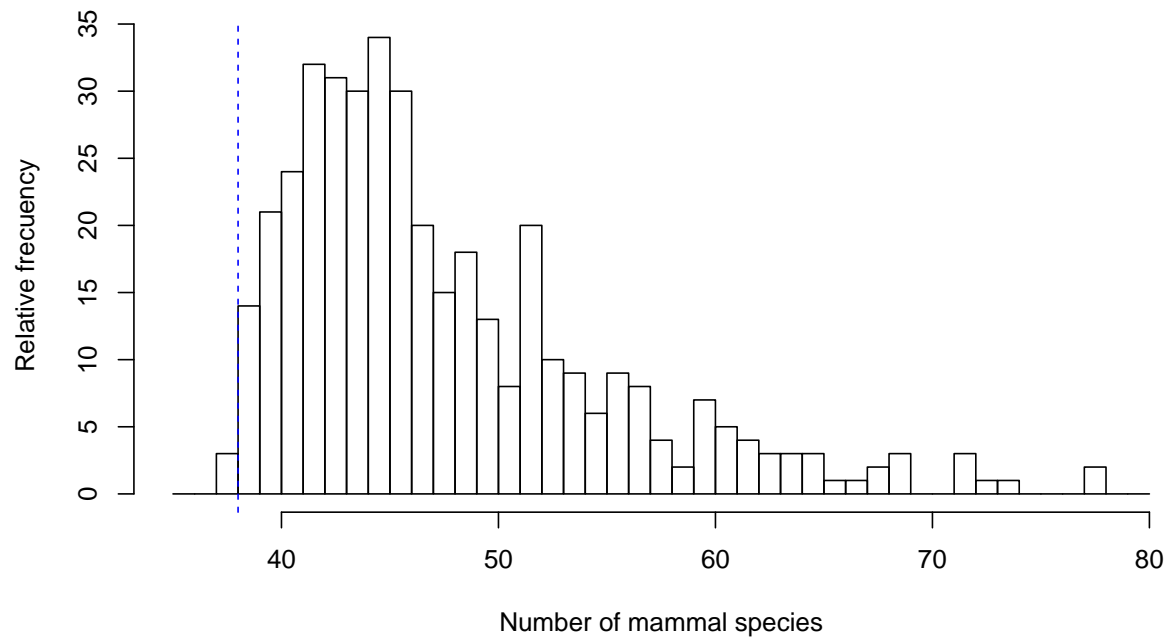
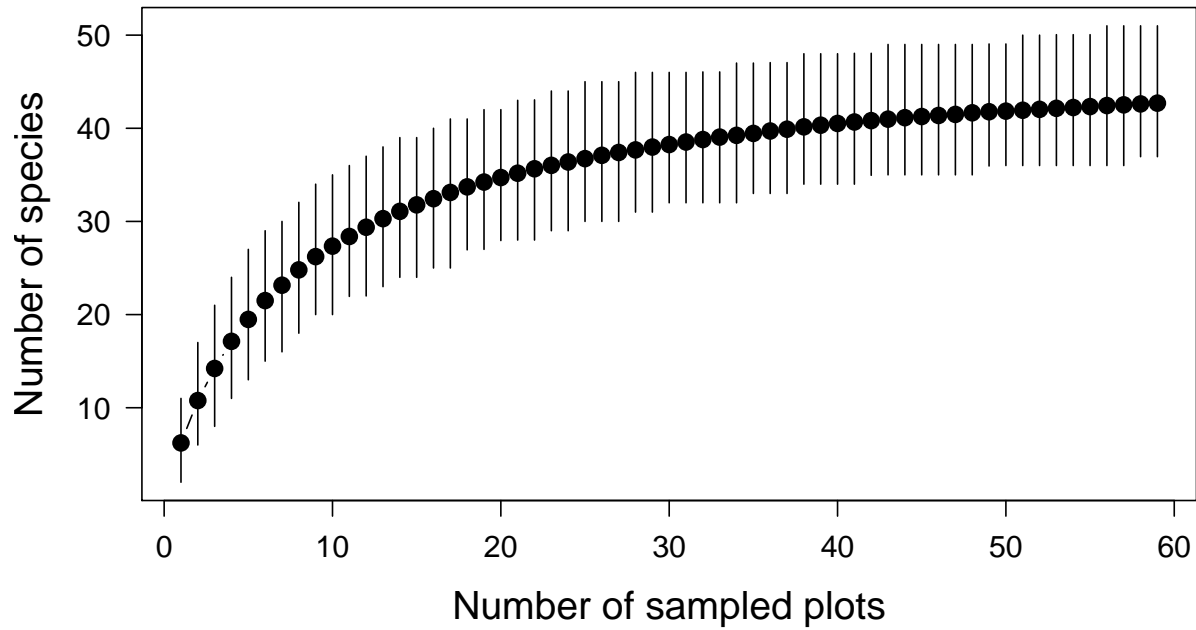
% latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:17:11 2015

	Numero_de_fotos
	1000.00
Eira barbara	39.00
Cuniculus paca	66.00
Dasypus novemcinctus	41.00
Procyon cancrivorus	15.00
Leopardus wiedii	10.00
Tamandua mexicana	17.00
Tinamus major	36.00
Leopardus pardalis	10.00
Leptotila verreauxi	29.00
Homo sapiens	30.00
Alouatta palliata	3.00
Puma yagouaroundi	7.00
Ortalis erythroptera	21.00
Odocoileus virginianus	22.00
Mazama americana	2.00
Rattus rattus	31.00
Cabra aegagrus	52.00
Equus ferus	38.00
Sylvilagus brasiliensis	16.00
Bos primigenius	100.00
Canis lupus	11.00
Ortalis vetula	3.00
Dasypsecta punctata	9.00
Galictis vittata	2.00
Didelphis marsupialis	3.00
Damophila julie	1.00
Carduelis siemiradzkii	1.00
Sciurus stramineus	8.00
Equus africanus	10.00
Buteogallus urubitinga	3.00
Felis silvestris	3.00
Gallus gallus	4.00
Sus scrofa	1.00
Sciurus vulgaris	1.00
Pipistrellus pipistrellus	2.00
Columbina cruziana	1.00
Myotis myotis	1.00
Momotus momota	3.00

3.1 Distribucion posterior de la riqueza de especies

Riqueza de especies y acumulación, modelando la ocurrencia y la detectabilidad. Este análisis sigue el método de Dorazio et al. (2006).

Posterior computed in 7.30953475236893 minutes

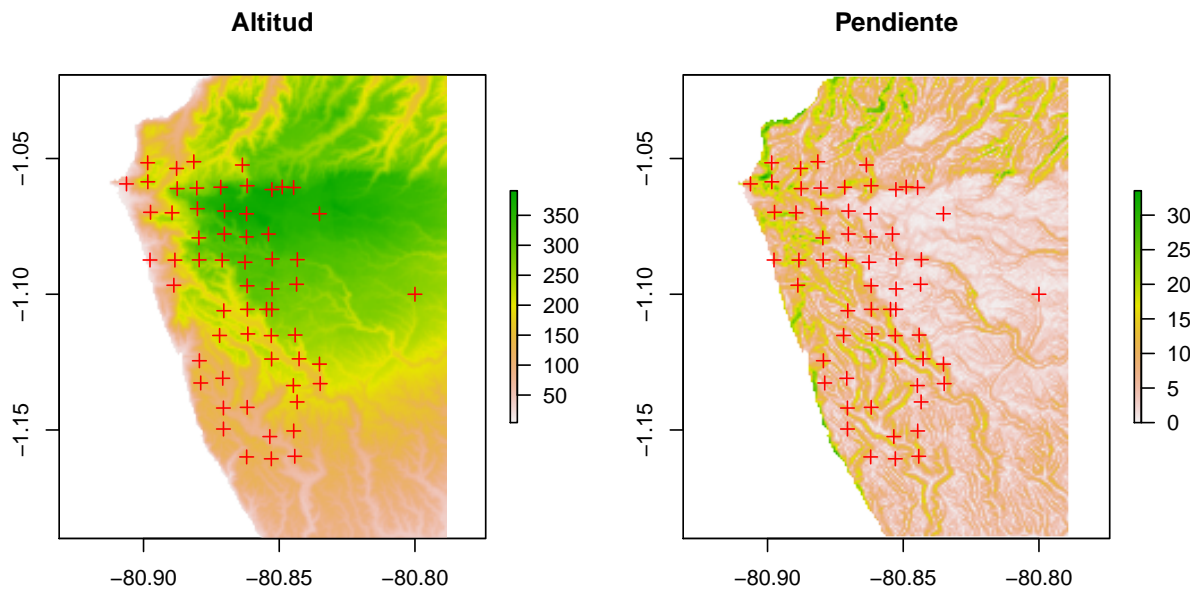


La media de la distribucion posterior es 48.0775. Mientras que la mediana 46.

4 Covariables

Inicialmente se seleccionaron cinco covariables para ajustar los modelos de ocupación. Estas cinco covariables fueron: Altitud (elev) y Pendiente (slope), como covariables geográficas y altura del dosel, cobertura del dosel y área basal como covariables que se midieron momento de retirar las cámaras. Estas tres últimas covariables se midieron usando la metodología del cuadrante centrado en un punto.

La Altitud se obtuvo de una imagen SRTM del repositorio de [CGIAR](#). La pendiente se infirió a partir de la altitud.



5 Algebra del modelo de ocupación

Cada especie tiene una historia de detección que se usó para modelar la ocupación. Esta se calculó teniendo en cuenta que cada sitio tiene también su propia historia de detección. La historia de detección puede ser representada como una ecuación matemática intuitiva, donde la especie objetivo fue detectada como una secuencia de unos y ceros de cada día de detección en cada cámara, con uno si se tomó una foto ese día y cero si no se tomó foto. Ese sitio (cámara) estará ocupado (ψ), con una probabilidad que se calcula de su historia de detección de la siguiente forma para un sitio con una historia de detección 1001:

$$Pr(H_i = 1001) = \psi * p_1(1 - p_2)(1 - p_3)p_4$$

Mientras que un sitio que tuvo una historia de detección donde no se registró la especie podría ser un sitio que no está ocupado por la especie ($1-\psi$) o estar ocupado pero la especie nunca detectada lo cual sería:

$$Pr(H_i = 0000) = \psi * (1 - p_1)(1 - p_2)(1 - p_3)(1 - p_4) \text{ or } \psi \prod_{j=1}^4 (1 - p_j) + (1 - \psi)$$

Matemáticamente podríamos combinar todas las historias de detección en un modelo de máxima verosimilitud como:

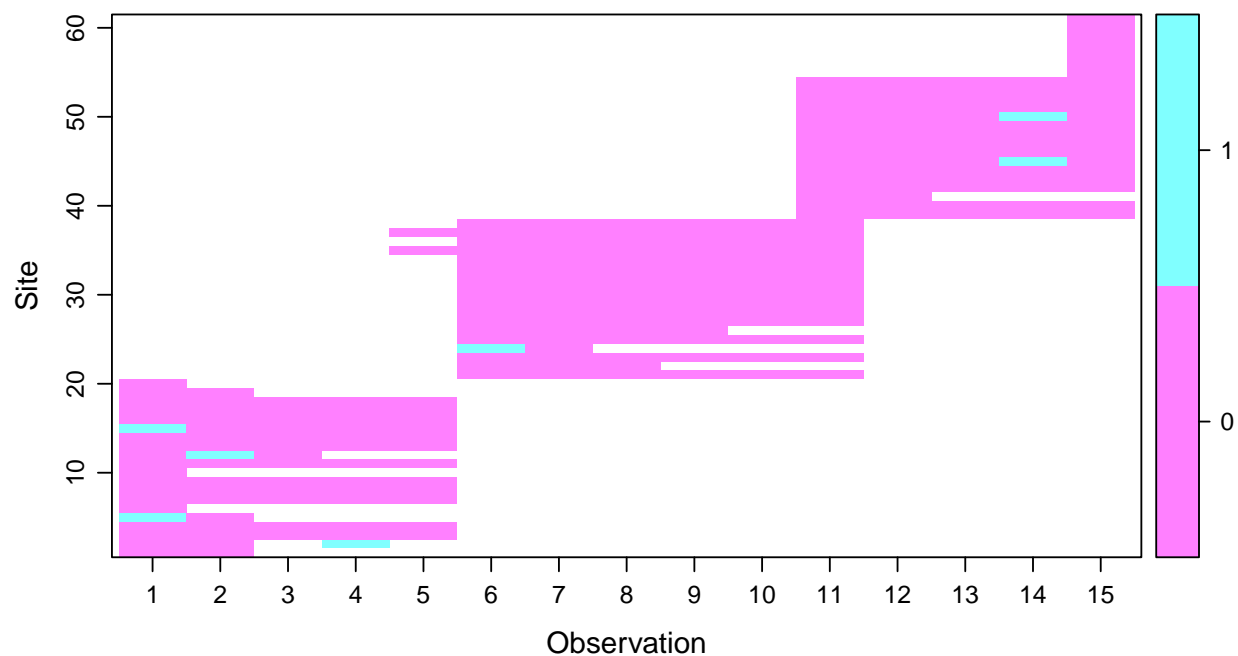
$$L(\psi, p \mid H_1 \dots H_{x+1}) = \prod_1^{x+1} Pr(H_i)$$

Estos modelos pueden incorporar covariables que interactúan con la ocupación y la probabilidad de ocupación y pueden ser resueltos con la ayuda del paquete unmarked del lenguaje estadístico R.

6 Modelos de ocupación por especie

6.1 El yagouaroundi (*Puma yagouaroundi*)

6.1.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



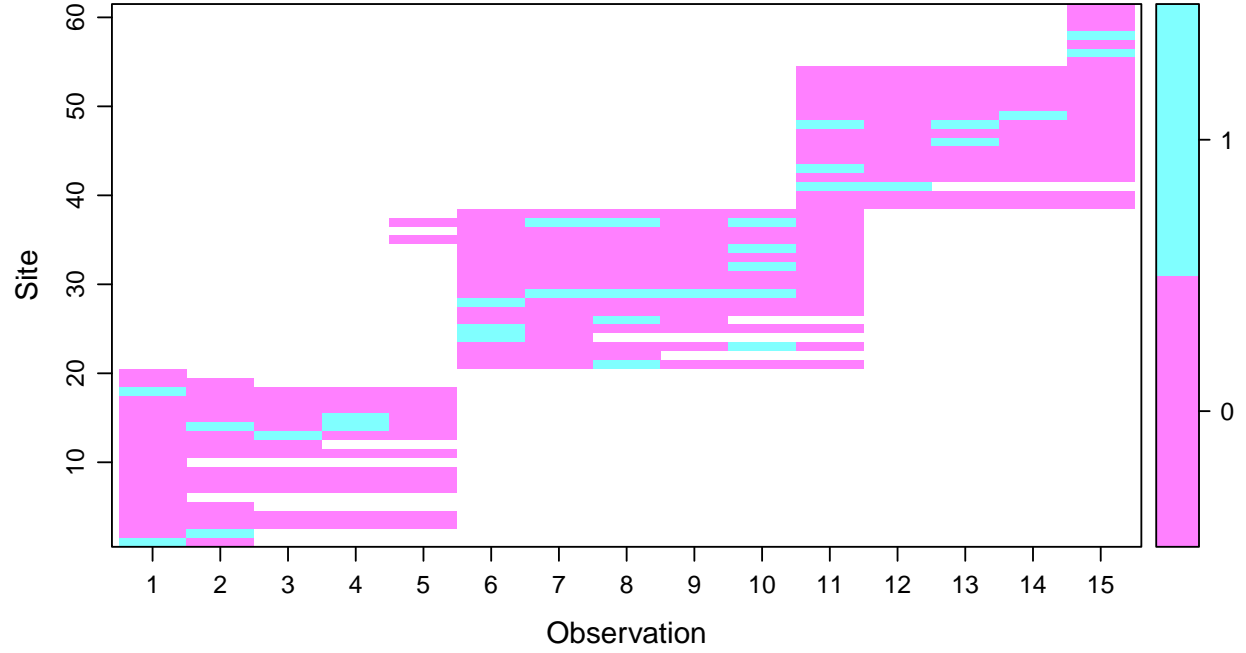
6.1.2 Selecccion de Modelos

[1] “Puma yagouaroundi” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:37 2015

	Puma yagouaroundi models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
3	p(.)psi(slope)	3	67.64	0.00	0.30	0.30
1	p(.)psi(.)	2	68.42	0.78	0.20	0.50
5	p(elev)psi(slope)	4	69.56	1.92	0.11	0.62
6	p(basal_a)psi(.)	3	69.89	2.25	0.10	0.72
9	p(.)psi(canopy_c)	3	70.33	2.70	0.08	0.79
2	p(.)psi(elev)	3	70.42	2.78	0.07	0.87
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	71.79	4.15	0.04	0.91
7	p(basal_a)psi(elev)	4	71.89	4.25	0.04	0.94
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	72.29	4.65	0.03	0.97
4	p(elev)psi(elev)	4	72.37	4.73	0.03	1.00

6.2 El Cabeza de Mate (*Eira barbara*)

6.2.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



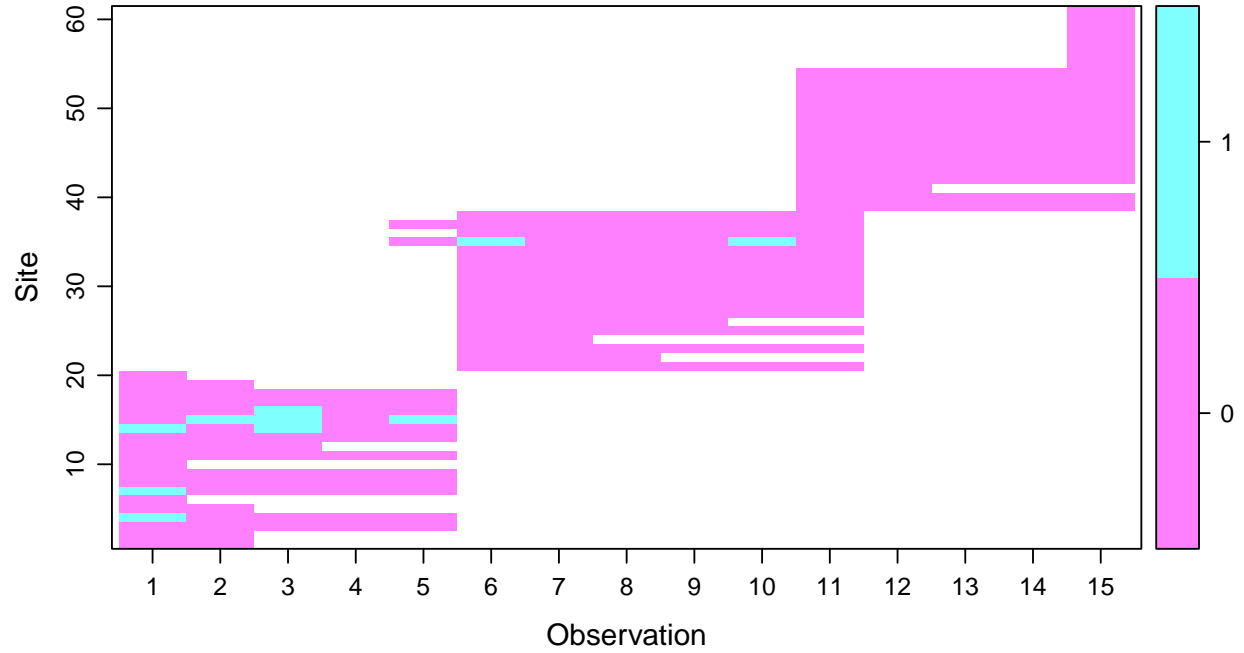
6.2.2 Seleccion de Modelos

[1] “Eira barbara” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:38 2015

	Eira barbara models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
3	p(.,)psi(slope)	3	191.52	0.00	0.17	0.17
1	p(.,)psi(.,)	2	191.53	0.01	0.17	0.33
9	p(.,)psi(canopy_c)	3	191.66	0.14	0.16	0.49
2	p(.,)psi(elev)	3	191.88	0.36	0.14	0.63
4	p(elev)psi(elev)	4	192.79	1.27	0.09	0.72
5	p(elev)psi(slope)	4	193.48	1.96	0.06	0.78
6	p(basal_a)psi(.,)	3	193.52	2.00	0.06	0.84
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	193.62	2.10	0.06	0.90
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	193.65	2.13	0.06	0.96
7	p(basal_a)psi(elev)	4	194.32	2.80	0.04	1.00

6.3 El tigrillo (*Leopardus wiedii*)

6.3.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



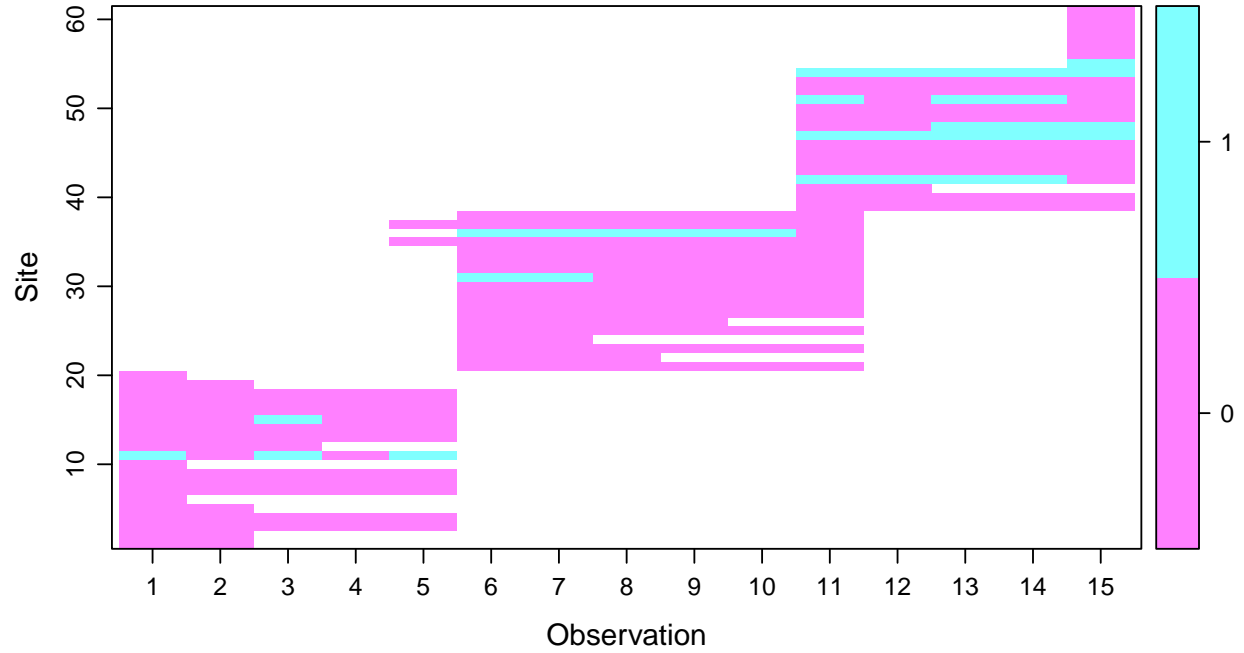
6.3.2 Seleccion de Modelos

[1] “Leopardus wiedii” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:38 2015

	Leopardus wiedii models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
7	p(basal_a)psi(elev)	4	76.01	0.00	0.25	0.25
6	p(basal_a)psi(.)	3	76.52	0.51	0.19	0.44
2	p(.)psi(elev)	3	76.98	0.97	0.15	0.59
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	78.02	2.01	0.09	0.68
1	p(.)psi(.)	2	78.29	2.29	0.08	0.76
4	p(elev)psi(elev)	4	78.85	2.84	0.06	0.82
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	79.04	3.04	0.05	0.87
9	p(.)psi(canopy_c)	3	79.28	3.28	0.05	0.92
5	p(elev)psi(slope)	4	79.59	3.58	0.04	0.96
3	p(.)psi(slope)	3	79.75	3.75	0.04	1.00

6.4 La vaca (*Bos primigenius*)

6.4.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



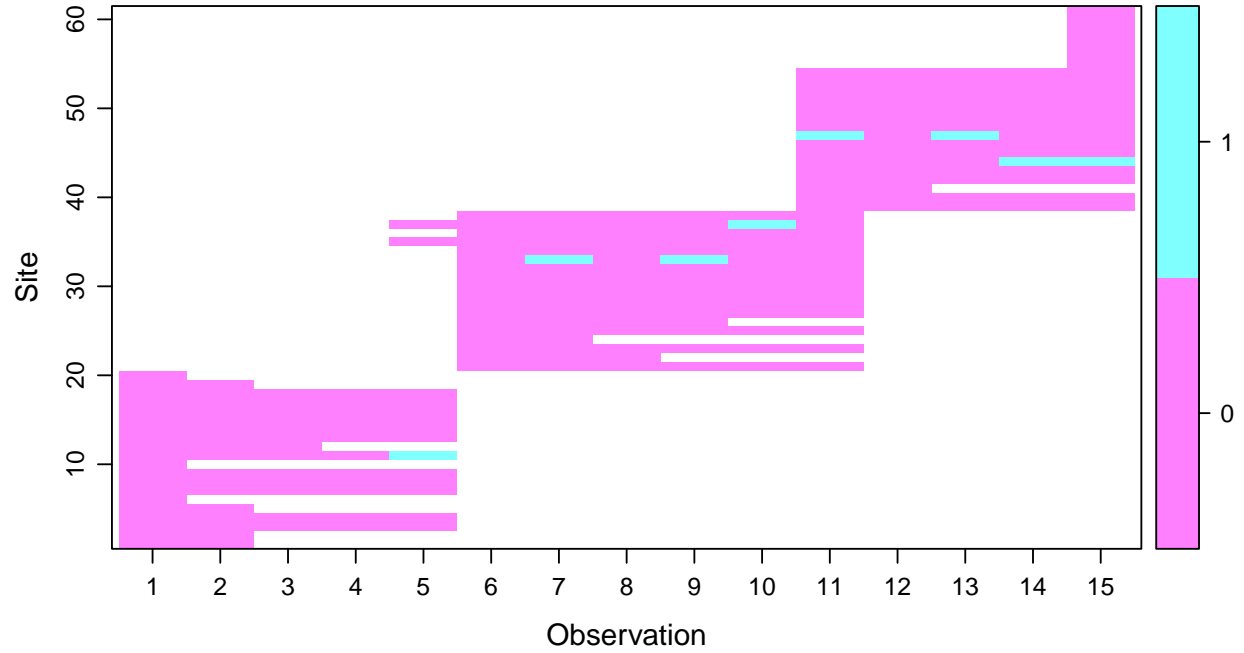
6.4.2 Selecccion de Modelos

[1] “Bos primigenius” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:39 2015

	Bos primigenius models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
9	p(.)psi(canopy_c)	3	116.05	0.00	0.28	0.28
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	116.42	0.36	0.23	0.52
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	117.72	1.67	0.12	0.64
1	p(.)psi(.)	2	117.95	1.90	0.11	0.75
6	p(basal_a)psi(.)	3	118.20	2.15	0.10	0.84
3	p(.)psi(slope)	3	119.79	3.74	0.04	0.89
2	p(.)psi(elev)	3	119.94	3.89	0.04	0.93
7	p(basal_a)psi(elev)	4	120.19	4.14	0.04	0.96
5	p(elev)psi(slope)	4	121.43	5.37	0.02	0.98
4	p(elev)psi(elev)	4	121.57	5.52	0.02	1.00

6.5 El Perro domestico (*Canis lupus*)

6.5.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



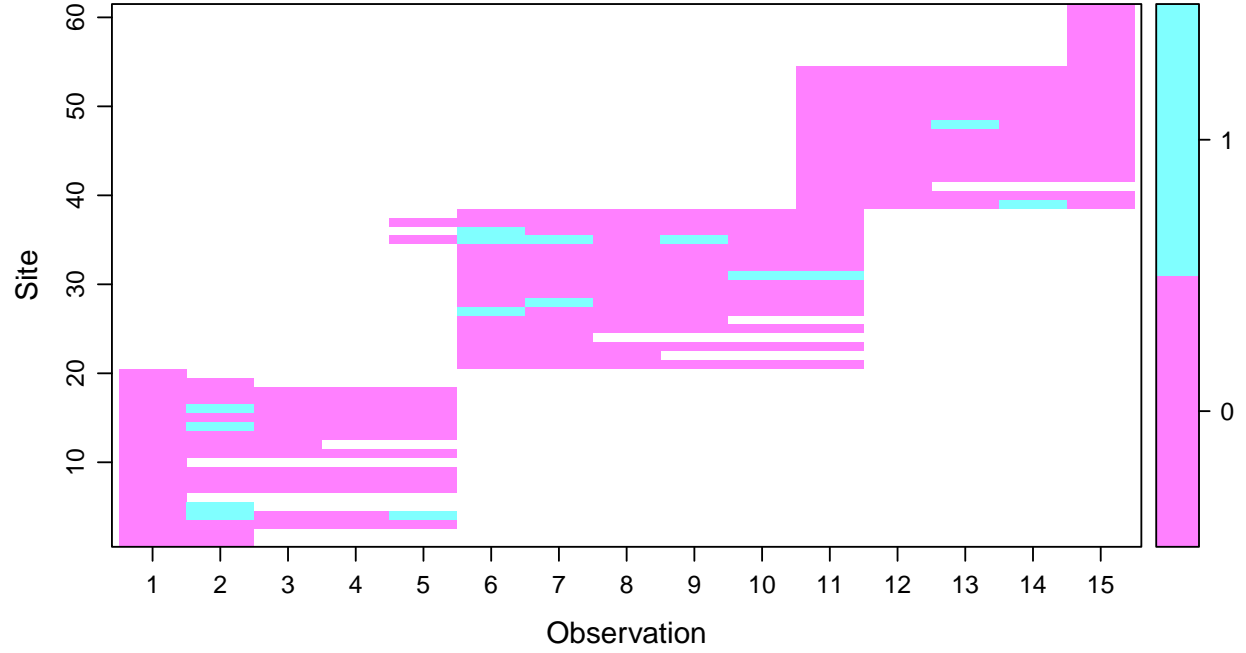
6.5.2 Seleccion de Modelos

[1] “Canis lupus” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:40 2015

	Canis lupus models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
1	p(.)psi(.)	2	67.57	0.00	0.23	0.23
6	p(basal_a)psi(.)	3	67.79	0.22	0.20	0.43
9	p(.)psi(canopy_c)	3	69.44	1.88	0.09	0.52
2	p(.)psi(elev)	3	69.56	1.99	0.08	0.60
3	p(.)psi(slope)	3	69.56	1.99	0.08	0.68
7	p(basal_a)psi(elev)	4	69.71	2.14	0.08	0.76
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	69.76	2.19	0.08	0.84
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	70.31	2.75	0.06	0.89
4	p(elev)psi(elev)	4	70.40	2.83	0.05	0.95
5	p(elev)psi(slope)	4	70.53	2.96	0.05	1.00

6.6 El Oso Hormiero (*Tamandua mexicana*)

6.6.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



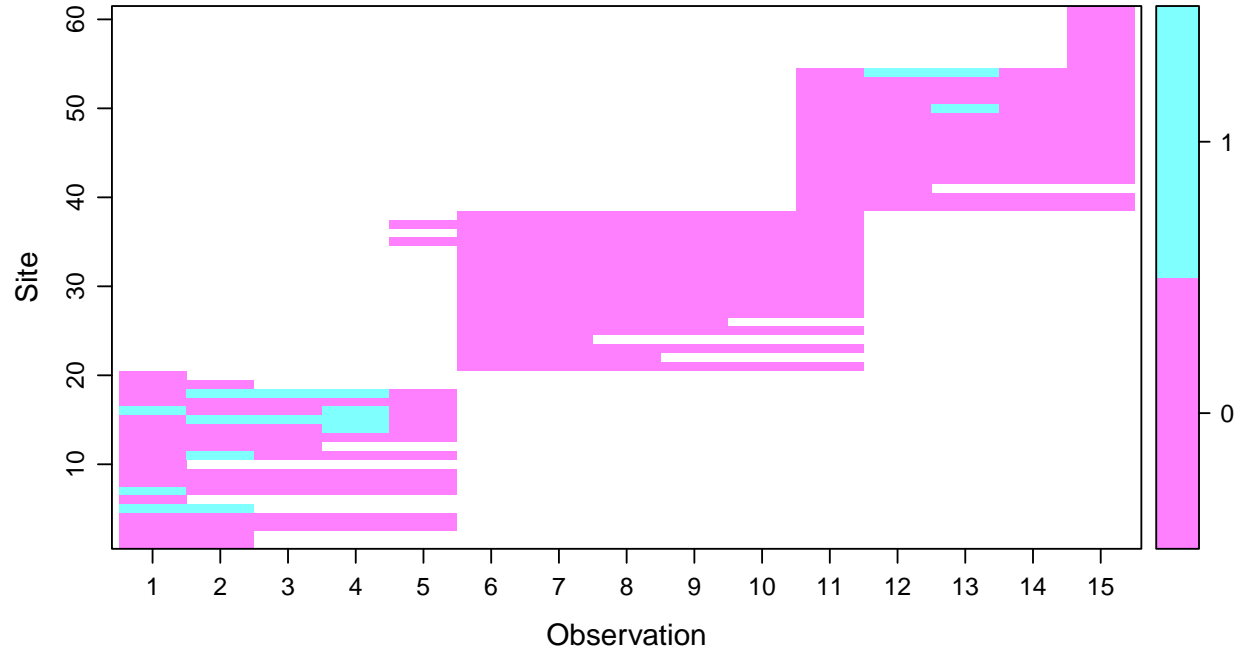
6.6.2 Selecccion de Modelos

[1] “Tamandua mexicana” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:40 2015

	Tamandua mexicana models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
1	p(.)psi(.)	2	115.37	0.00	0.20	0.20
4	p(elev)psi(elev)	4	115.84	0.47	0.16	0.36
2	p(.)psi(elev)	3	116.22	0.86	0.13	0.49
9	p(.)psi(canopy_c)	3	116.36	0.99	0.12	0.61
3	p(.)psi(slope)	3	116.96	1.60	0.09	0.70
6	p(basal_a)psi(.)	3	116.99	1.62	0.09	0.79
7	p(basal_a)psi(elev)	4	117.61	2.25	0.07	0.86
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	118.03	2.66	0.05	0.91
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	118.16	2.79	0.05	0.96
5	p(elev)psi(slope)	4	118.54	3.18	0.04	1.00

6.7 El Venado (*Odocoileus virginianus*)

6.7.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



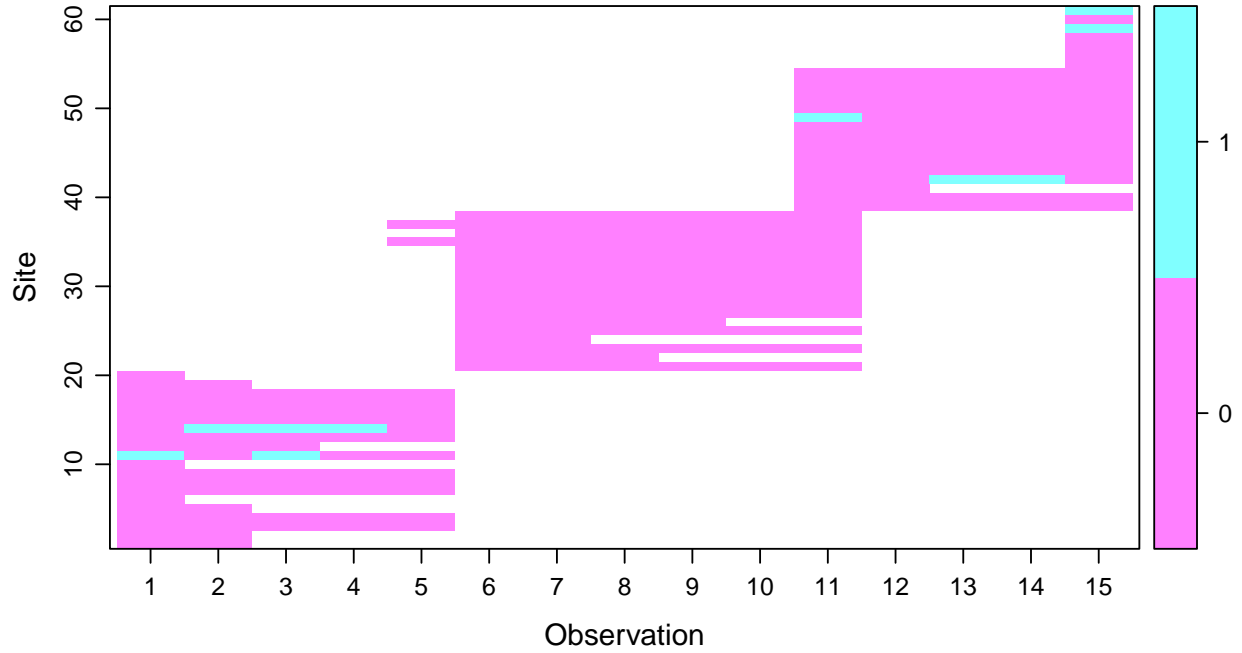
6.7.2 Seleccion de Modelos

[1] “*Odocoileus virginianus*” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:41 2015

	Odocoileus virginianus models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
6	p(basal_a)psi(.)	3	105.63	0.00	0.23	0.23
1	p(.)psi(.)	2	105.99	0.36	0.19	0.42
7	p(basal_a)psi(elev)	4	107.08	1.46	0.11	0.53
2	p(.)psi(elev)	3	107.22	1.60	0.10	0.63
3	p(.)psi(slope)	3	107.36	1.74	0.10	0.73
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	107.58	1.95	0.09	0.81
9	p(.)psi(canopy_c)	3	107.89	2.26	0.07	0.89
5	p(elev)psi(slope)	4	109.02	3.39	0.04	0.93
4	p(elev)psi(elev)	4	109.19	3.56	0.04	0.97
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	109.63	4.01	0.03	1.00

6.8 El Conejo (*Sylvilagus brasiliensis*)

6.8.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



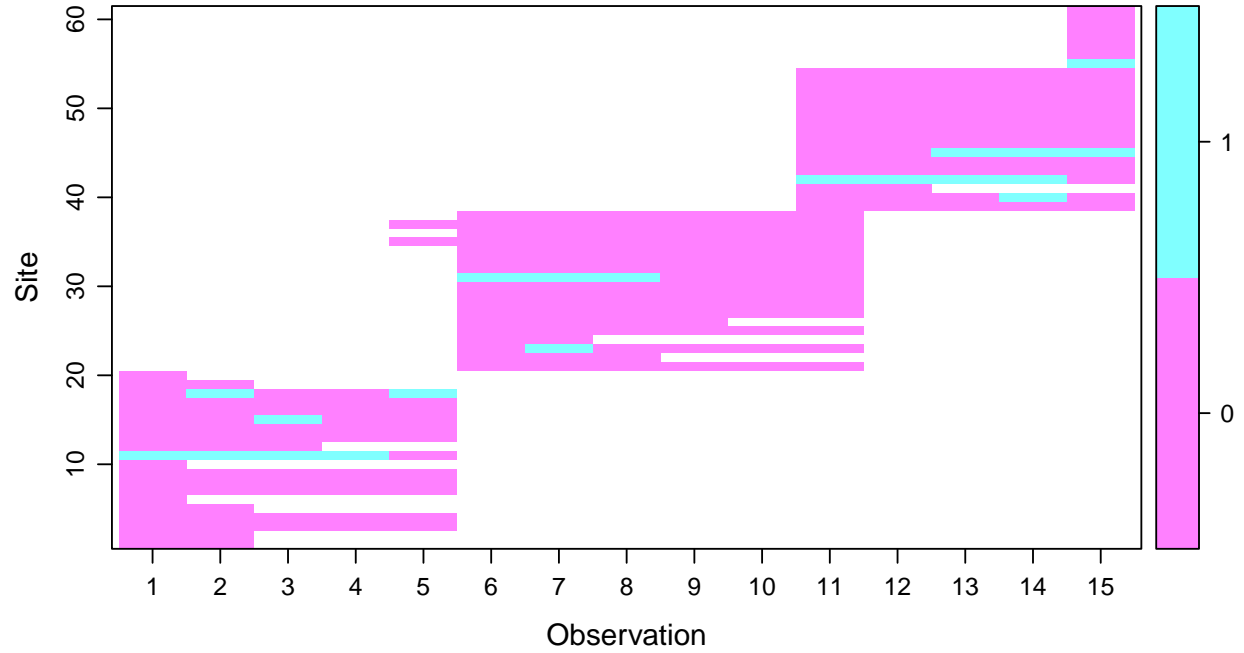
6.8.2 Selección de Modelos

[1] “*Sylvilagus brasiliensis*” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:41 2015

	<i>Sylvilagus brasiliensis</i> _models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
3	p(.)psi(slope)	3	70.58	0.00	0.30	0.30
1	p(.)psi(.)	2	71.44	0.86	0.20	0.50
5	p(elev)psi(slope)	4	72.23	1.65	0.13	0.63
2	p(.)psi(elev)	3	73.05	2.47	0.09	0.72
6	p(basal_a)psi(.)	3	73.27	2.69	0.08	0.80
9	p(.)psi(canopy_c)	3	73.43	2.85	0.07	0.88
7	p(basal_a)psi(elev)	4	74.91	4.33	0.03	0.91
4	p(elev)psi(elev)	4	75.04	4.46	0.03	0.94
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	75.27	4.68	0.03	0.97
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	75.34	4.76	0.03	1.00

6.9 El Caballo (*Equus ferus*)

6.9.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



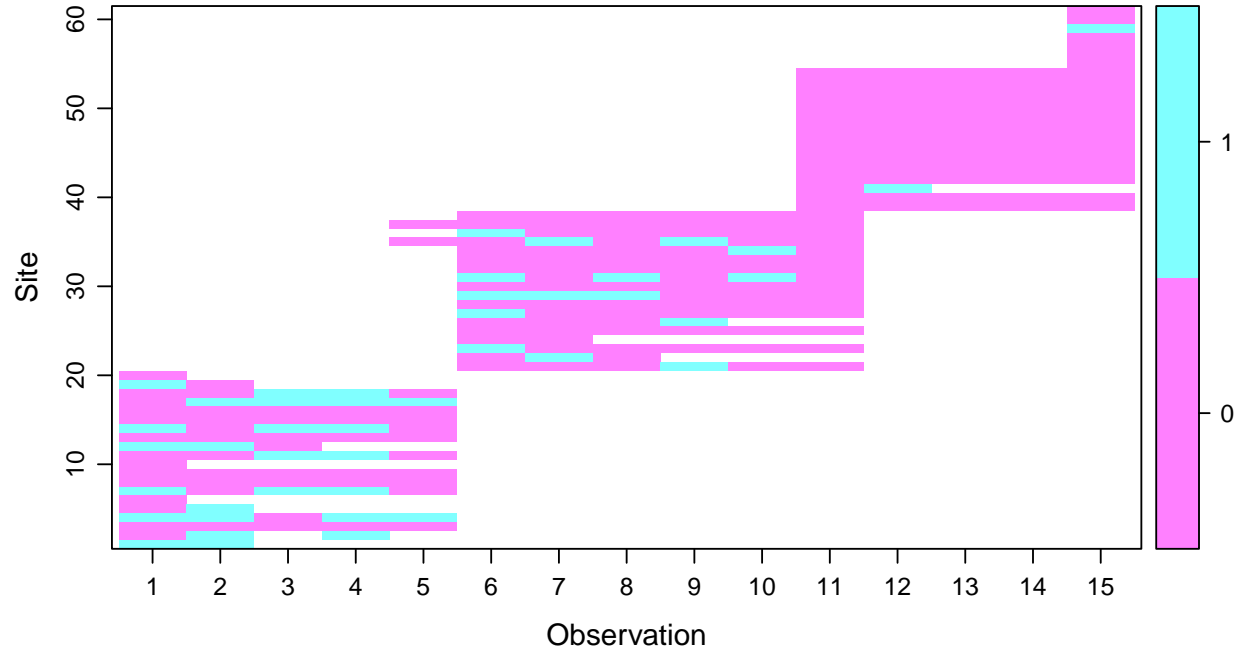
6.9.2 Seleccion de Modelos

[1] “Equus ferus” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:42 2015

	Equus ferus models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
2	p(.,psi(elev))	3	110.19	0.00	0.25	0.25
1	p(.,psi(.))	2	111.23	1.03	0.15	0.40
4	p(elev)psi(elev)	4	111.41	1.22	0.14	0.54
7	p(basal_a)psi(elev)	4	112.12	1.93	0.10	0.64
3	p(.,psi(slope))	3	112.55	2.36	0.08	0.72
9	p(.,psi(canopy_c))	3	112.71	2.51	0.07	0.79
5	p(elev)psi(slope)	4	112.90	2.71	0.07	0.85
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	112.97	2.78	0.06	0.92
6	p(basal_a)psi(.))	3	113.19	3.00	0.06	0.97
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	114.66	4.47	0.03	1.00

6.10 La Guanta (*Cuniculus paca*)

6.10.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



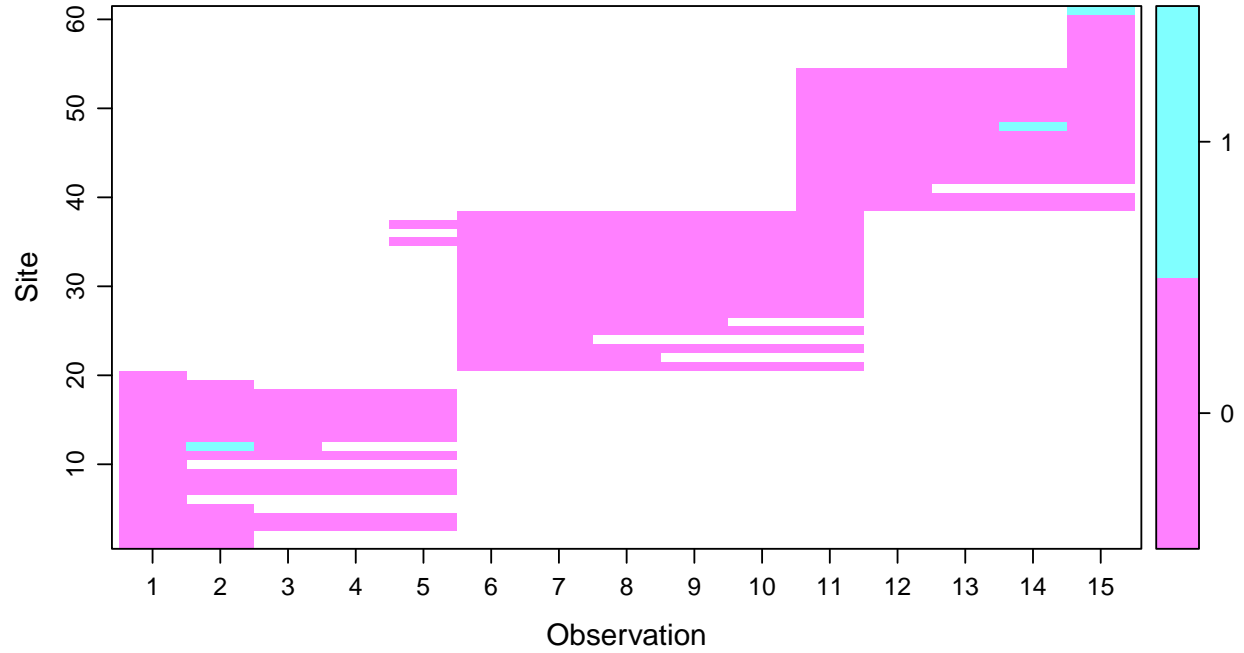
6.10.2 Selecccion de Modelos

[1] “Cuniculus paca” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:43 2015

	Cuniculus paca models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	208.80	0.00	0.48	0.48
9	p(.)psi(canopy_c)	3	211.50	2.70	0.12	0.60
5	p(elev)psi(slope)	4	211.57	2.77	0.12	0.72
4	p(elev)psi(elev)	4	212.12	3.32	0.09	0.81
1	p(.)psi(.)	2	213.22	4.42	0.05	0.86
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	213.36	4.56	0.05	0.91
2	p(.)psi(elev)	3	214.08	5.28	0.03	0.94
3	p(.)psi(slope)	3	214.93	6.12	0.02	0.97
6	p(basal_a)psi(.)	3	215.13	6.32	0.02	0.99
7	p(basal_a)psi(elev)	4	215.99	7.19	0.01	1.00

6.11 La Guatusa (*Dasyprocta punctata*)

6.11.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



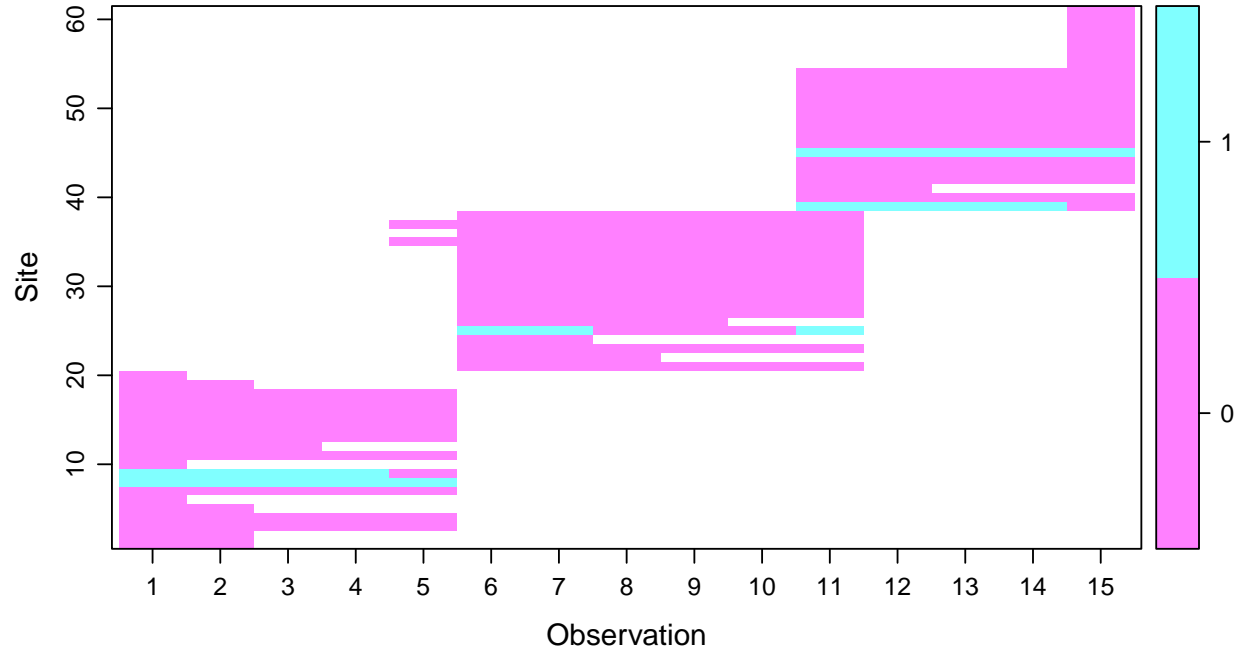
6.11.2 Selección de Modelos

[1] “Ortalis vetula” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:44 2015

	<u>Ortalis vetula</u> models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
3	p(.)psi(slope)	3	29.84	0.00	0.63	0.63
5	p(elev)psi(slope)	4	32.30	2.46	0.18	0.81
7	p(basal_a)psi(elev)	4	33.85	4.01	0.08	0.89
4	p(elev)psi(elev)	4	36.19	6.35	0.03	0.92
2	p(.)psi(elev)	3	36.47	6.63	0.02	0.94
6	p(basal_a)psi(.)	3	36.67	6.83	0.02	0.96
1	p(.)psi(.)	2	36.71	6.88	0.02	0.98
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	38.58	8.74	0.01	0.99
9	p(.)psi(canopy_c)	3	38.65	8.82	0.01	1.00
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	40.45	10.61	0.00	1.00

6.12 La Cabra (*Capra aegagrus*)

6.12.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



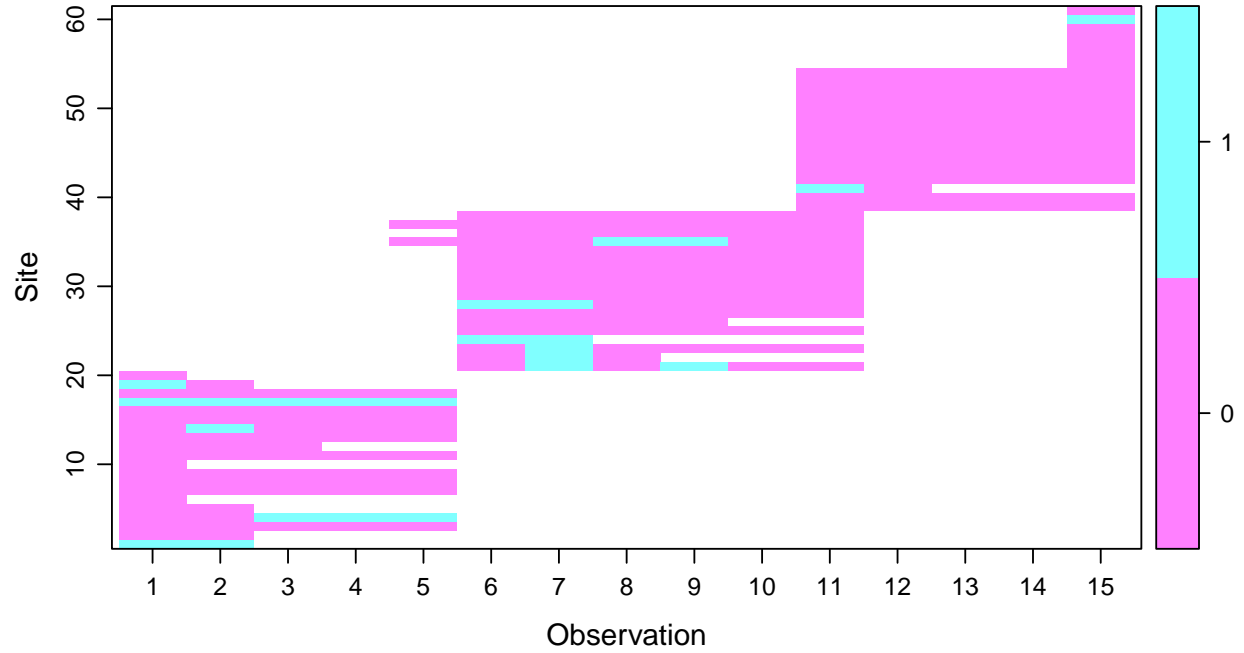
6.12.2 Selecccion de Modelos

[1] “Cabra aegagrus” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:44 2015

	Cabra aegagrus models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
6	p(basal_a)psi(.)	3	62.03	0.00	0.27	0.27
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	62.44	0.41	0.22	0.49
7	p(basal_a)psi(elev)	4	63.61	1.58	0.12	0.61
1	p(.)psi(.)	2	63.65	1.62	0.12	0.73
9	p(.)psi(canopy_c)	3	64.03	2.00	0.10	0.83
2	p(.)psi(elev)	3	65.19	3.16	0.06	0.88
3	p(.)psi(slope)	3	65.65	3.62	0.04	0.93
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	66.02	3.99	0.04	0.96
4	p(elev)psi(elev)	4	67.18	5.15	0.02	0.98
5	p(elev)psi(slope)	4	67.63	5.60	0.02	1.00

6.13 El Armadillo (*Dasypus novemcinctus*)

6.13.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



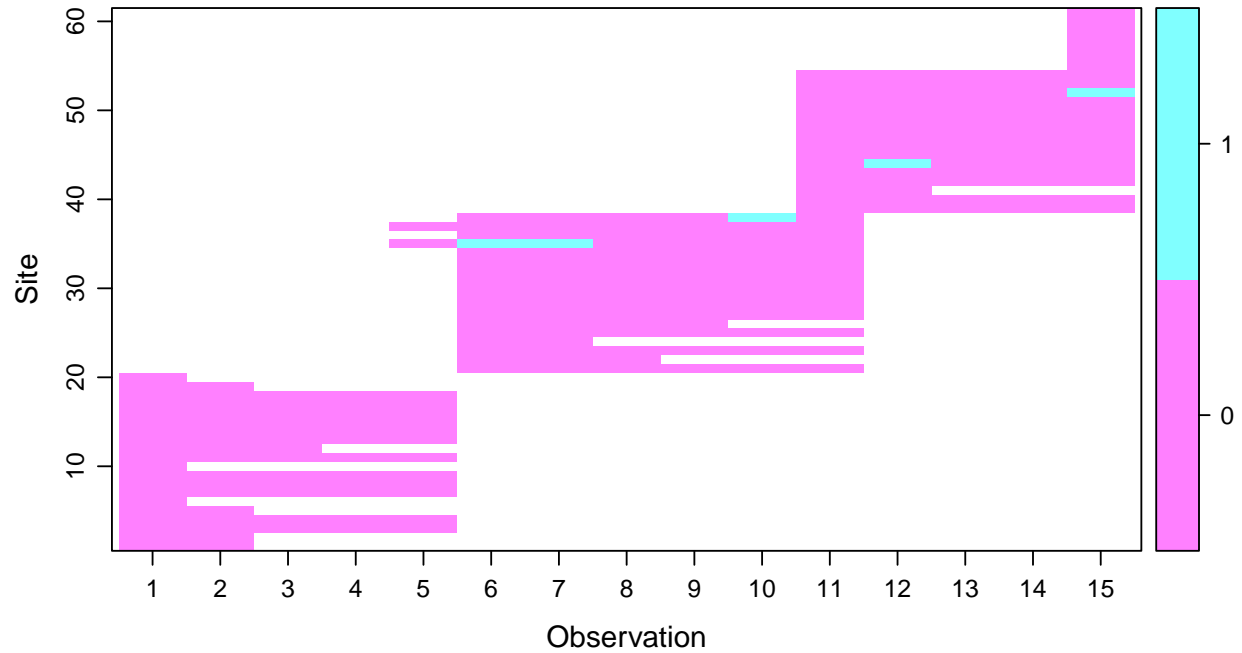
6.13.2 Selecccion de Modelos

[1] “Dasypus novemcinctus” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:45 2015

	Dasypus novemcinctus models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	130.94	0.00	0.37	0.37
5	p(elev)psi(slope)	4	132.12	1.17	0.21	0.58
4	p(elev)psi(elev)	4	132.30	1.36	0.19	0.77
1	p(.)psi(.)	2	134.69	3.74	0.06	0.83
9	p(.)psi(canopy_c)	3	134.82	3.88	0.05	0.89
2	p(.)psi(elev)	3	135.58	4.63	0.04	0.92
6	p(basal_a)psi(.)	3	136.60	5.66	0.02	0.94
3	p(.)psi(slope)	3	136.64	5.69	0.02	0.97
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	136.81	5.86	0.02	0.99
7	p(basal_a)psi(elev)	4	137.54	6.60	0.01	1.00

6.14 La Ardilla de Guayaquil (*Sciurus stramineus*)

6.14.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



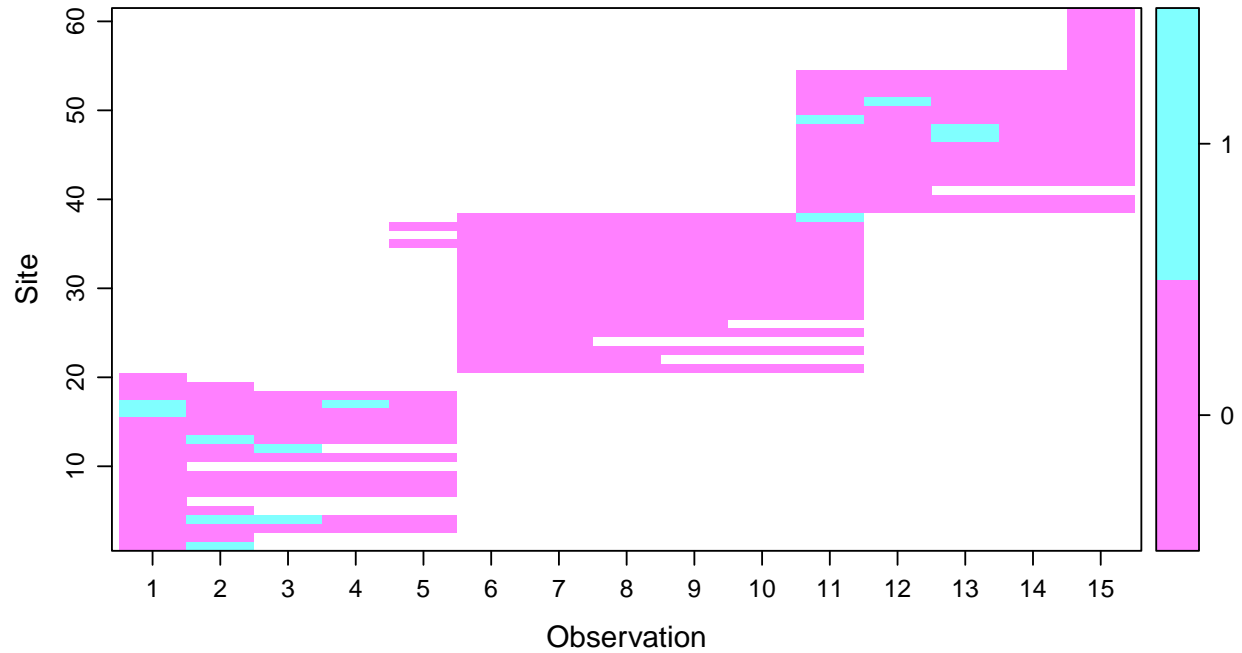
6.14.2 Selecccion de Modelos

[1] “Sciurus stramineus” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:46 2015

	Sciurus stramineus models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
4	p(elev)psi(elev)	4	49.80	0.00	0.39	0.39
1	p(.)psi(.)	2	51.74	1.94	0.15	0.54
2	p(.)psi(elev)	3	52.00	2.20	0.13	0.67
3	p(.)psi(slope)	3	53.35	3.56	0.07	0.74
9	p(.)psi(canopy_c)	3	53.72	3.93	0.06	0.79
6	p(basal_a)psi(.)	3	53.72	3.93	0.06	0.85
7	p(basal_a)psi(elev)	4	53.92	4.13	0.05	0.90
5	p(elev)psi(slope)	4	53.98	4.18	0.05	0.95
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	54.72	4.92	0.03	0.98
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	55.71	5.92	0.02	1.00

6.15 El Mapache (*Procyon cancrivorus*)

6.15.1 Matriz de datos colapsada a 15 días



6.15.2 Selecccion de Modelos

[1] “Procyon cancrivorus” % latex table generated in R 3.2.2 by xtable 1.7-4 package % Thu Oct 01 17:24:46 2015

	Procyon cancrivorus models	nPars	AIC	delta	AICwt	cumltvWt
3	p(.)psi(slope)	3	99.52	0.00	0.61	0.61
5	p(elev)psi(slope)	4	101.07	1.55	0.28	0.89
2	p(.)psi(elev)	3	105.49	5.97	0.03	0.92
1	p(.)psi(.)	2	106.13	6.61	0.02	0.94
4	p(elev)psi(elev)	4	107.39	7.87	0.01	0.96
7	p(basal_a)psi(elev)	4	107.46	7.94	0.01	0.97
10	p(elev)psi(canopy_c)	4	107.69	8.17	0.01	0.98
9	p(.)psi(canopy_c)	3	107.72	8.20	0.01	0.99
6	p(basal_a)psi(.)	3	108.10	8.58	0.01	1.00
8	p(basal_a)psi(canopy_c)	4	109.70	10.18	0.00	1.00

7 Codigo en R

7.1 Función para calendario


```
print(f.calendar.yr)
```

```
function (dataset, yr_toplot)
{
  require(reshape)
  require(zoo)
  require(ggplot2)
  require(chron)
  require(ggmap)
  require(grid)
  require(xtable)
  require(Hmisc)
  require(reshape2)
  require(plyr)
  require(scales)
  require(lubridate)
  start.date <- min(dataset$camera_trap_start_date)
  end.date <- max(dataset$camera_trap_end_date)
  dates <- seq.Date(start.date, end.date, by = "years")
  yr <- as.numeric(substr(dates, 1, 4))
  no.yr <- (max(yr) - min(yr)) + 1
  years <- as.numeric(substr(as.Date(dataset$photo_date2),
    1, 4))
  months <- as.numeric(substr(as.Date(dataset$photo_date2),
    6, 7))
  days <- as.numeric(substr(as.Date(dataset$photo_date2), 9,
    10))
  time <- strptime(dataset$photo_time, format = "%H:%M:%S")
  data2 <- cbind(dataset, years, time)
  data2$Date.Start <- data2$camera_trap_start_date
  data2$Date.End <- data2$camera_trap_end_date
  cameras <- as.character(unique(x = data2$camera_trap))
  camvec <- unique(x = data2$camera_trap)
  ncam <- dim(as.data.frame(camvec))
  ncam <- as.numeric(ncam[1])
  list.cams.ini.fin <- dim(ncam)
  for (z in 1:ncam) {
    allyrs_cam <- subset(data2, camera_trap == c(cameras[z]))
    secfotocam <- as.data.frame(allyrs_cam$photo_date2)
    perdaycam <- as.data.frame(table(allyrs_cam$photo_date2,
      dnn = "photo_date2"))
    perdaycam$foto.type <- "Photo"
    cam01.start <- as.data.frame(unique(subsub <- subset(data2,
      camera_trap == cameras[z], select = Date.Start)))
    cam01.start$Freq <- 1
    cam01.start$foto.type <- "Start"
    colnames(cam01.start) <- c("Date.End", "Freq", "foto.type")
    cam01.end <- as.data.frame(unique(subsub <- subset(data2,
      camera_trap == cameras[z], select = Date.End)))
    cam01.end$Freq <- 1
    cam01.end$foto.type <- "End"
    mat.start.end.cam01 <- rbind.data.frame(cam01.start,
      cam01.end)
```

```

mat.start.end.cam01$Date.End <- as.factor(mat.start.end.cam01$Date.End)
colnames(mat.start.end.cam01) <- c("photo_date2", "Freq",
  "foto.type")
mat.cam01 <- rbind(perdaycam, mat.start.end.cam01)
mat.cam01$camera_trap <- cameras[z]
list.cams.ini.fin[[z]] <- list(mat.cam01)
}
mat.all.cams.ini.fin <- subset(as.data.frame(list.cams.ini.fin[[1]]),
  Freq >= 1)
for (z in 2:(ncam)) {
  mat.all.cams.ini.fin <- rbind(mat.all.cams.ini.fin, subset(as.data.frame(list.cams.ini.fin[[z]]),
    Freq >= 1))
}
data4 <- mat.all.cams.ini.fin
data4$year <- as.numeric(as.POSIXlt(data4$photo_date2)$year +
  1900)
data4$month <- as.numeric(as.POSIXlt(data4$photo_date2)$mon +
  1)
data4$monthf <- factor(data4$month, levels = as.character(1:12),
  labels = c("Jan", "Feb", "Mar", "Apr", "May", "Jun",
    "Jul", "Aug", "Sep", "Oct", "Nov", "Dec"), ordered = TRUE)
data4$weekday <- as.POSIXlt(data4$photo_date2)$wday
data4$weekdayf <- factor(data4$weekday, levels = rev(0:6),
  labels = rev(c("Sun", "Mon", "Tue", "Wed", "Thu", "Fri",
    "Sat"))), ordered = TRUE)
data4$yearmonth <- as.yearmon(data4$photo_date2)
data4$yearmonthf <- factor(data4$yearmonth)
data4$week <- as.numeric(format(strftime(data4$photo_date2,
  "%W"))))
data4 <- ddpdy(data4, .(yearmonthf), transform, monthweek = 1 +
  week - min(week))
data4$dayofmonth <- days(data4$photo_date2)
data4$one <- 1
data4$week2 = as.POSIXlt(data4$photo_date2)$yday%/%7 + 1
data4$wday2 = as.POSIXlt(data4$photo_date2)$wday
data4$dayofyr <- yday(data4$photo_date2)
dates <- seq(as.Date(start.date), as.Date(end.date), "1 years")
yr <- unique(data4$year)
no.yr <- (max(yr) - min(yr)) + 1
yr09 <- subset(x = data4, year == yr[yr_toplot])
cameras <- unique(x = yr09$camera_trap)
camvec <- as.vector(cameras[1:60])
camera.max.per.yr <- min(which(is.na(camvec))) - 1
yr09_array1 <- subset(yr09, camera_trap %in% c(camvec[1:camera.max.per.yr]))
momin <- min(yr09_array1$month)
momax <- max(yr09_array1$month)
modif <- momax - momin
fillings <- c("gray80", "white", "gray80", "white", "gray80",
  "white", "gray80", "white", "gray80", "white", "gray80",
  "white")
fillings2 <- as.vector(fillings[momin:momax])
colfil <- yr09_array1$month
is.even <- function(x) x%%2 == 0
par.nones <- is.even(colfil)

```

```

yr09_array1$colfill <- ifelse(par.nones == TRUE, "gray80",
  "white")
minday <- min(yr09_array1$dayofyr)
titlegraph <- paste("Time-Series Photo Calendar ", yr[yr_toplot],
  sep = "")
momintext <- as.character(month(ymd(80101) + months(momin),
  label = TRUE, abbr = TRUE))
nextmonth1 <- as.character(month(ymd(80101) + months(momin +
  2), label = TRUE, abbr = TRUE))
nextmonth2 <- as.character(month(ymd(80101) + months(momin +
  3), label = TRUE, abbr = TRUE))
momin2 <- momin
momin3 <- momin + 2
momin4 <- momin + 3
momin5 <- momin + 4
monthstart1 <- sum(days_in_month(c(1:momin2))) + 1
monthstart2 <- sum(days_in_month(c(1:momin3))) + 1
monthstart3 <- sum(days_in_month(c(1:momin4))) + 1
monthstart4 <- sum(days_in_month(c(1:momin5))) + 1
if (modif == 2) {
  rect_left <- c(monthstart1)
  labelmonth1 <- momintext
  rectangles <- data.frame(xmin = rect_left, xmax = rect_left +
    as.numeric(days_in_month(momin + 1)), ymin = 0.4,
    ymax = 1.6)
  call1 <- ggplot() + geom_rect(data = rectangles, aes(xmin = xmin,
    xmax = xmax, ymin = ymin, ymax = ymax), fill = "gray80",
    alpha = 0.5) + annotate("text", x = monthstart1 +
    15, y = 1, label = labelmonth1, colour = "gray75",
    size = 5)
}
if (modif == 3) {
  rect_left <- c(monthstart1, monthstart2)
  labelmonth1 <- momintext
  labelmonth2 <- nextmonth1
  rectangles <- data.frame(xmin = rect_left, xmax = rect_left +
    as.numeric(days_in_month(momin + 1)), ymin = 0.4,
    ymax = 1.6)
  call1 <- ggplot() + geom_rect(data = rectangles, aes(xmin = xmin,
    xmax = xmax, ymin = ymin, ymax = ymax), fill = "gray80",
    alpha = 0.5) + annotate("text", x = monthstart1 +
    15, y = 1, label = labelmonth1, colour = "gray75",
    size = 5) + annotate("text", x = monthstart1 + 75,
    y = 1, label = labelmonth2, colour = "gray75", size = 5)
}
if (modif == 4) {
  rect_left <- c(monthstart1, monthstart2, monthstart3)
  labelmonth1 <- momintext
  labelmonth2 <- nextmonth1
  labelmonth3 <- nextmonth2
  rectangles <- data.frame(xmin = rect_left, xmax = rect_left +
    as.numeric(days_in_month(momin + 1)), ymin = 0.4,
    ymax = 1.6)
  call1 <- ggplot() + geom_rect(data = rectangles, aes(xmin = xmin,

```

```

      xmax = xmax, ymin = ymin, ymax = ymax), fill = "gray80",
      alpha = 0.5) + annotate("text", x = monthstart1 +
      15, y = 1, label = labelmonth1, colour = "gray75",
      size = 5) + annotate("text", x = monthstart1 + 75,
      y = 1, label = labelmonth2, colour = "gray75", size = 5)
      annotate("text", x = monthstart1 + 138, y = 1, label = labelmonth3,
      colour = "gray75", size = 5)
    }
    if (modif == 5) {
      rect_left <- c(monthstart1, monthstart2, monthstart3,
      monthstart4)
    }
    cal2 <- cal1 + geom_tile(data = yr09_array1, aes(dayofyr,
      one, fill = foto.type)) + scale_fill_manual(guide = guide_legend(title = "Record Type"),
      values = c("red", "steelblue", "green"))
    cal3 <- cal2 + facet_grid(camera_trap ~ .) + labs(title = titlegraph) +
      ylab("") + xlab("Day of the year")
    cal4 <- cal3 + theme_bw()
    cal5 <- cal4 + theme(strip.text.y = element_text(colour = "black",
      angle = 0, size = 8, hjust = 0.5, vjust = 0.5)) + theme(panel.background = element_rect(colour =
      theme(panel.grid.major = element_blank()) + theme(panel.grid.minor = element_blank()) +
      theme(axis.title.y = element_blank()) + theme(axis.text.y = element_blank()) +
      theme(axis.ticks.y = element_blank()) + theme(legend.position = "bottom",
      legend.box = "horizontal")
    print(cal5)
  }
}

```

7.2 Función para análisis de ocupación

```
print(f.sp.occu.models)
```

```

function(sp_number){
  #####
  ### shrink to 15
  #####

  library(unmarked)

  sp15<-f.shrink.matrix.to15(matrix = mat.per.sp[[sp_number]])

  #####
  ### make unmarked object
  #####

  sp_UMF <- unmarkedFrameOccu(sp15)

  # plot(sp_UMF, panels=1)
  # title(main=as.character(sp.names[sp_number]))

  # add some covariates
  siteCovs(sp_UMF) <- cam.and.covs.scaled
}

```

```
#####
## occu models
#####

# covariates of detection and occupancy in that order.
fm0 <- occu(~ 1 ~ 1, sp_UMF)
fm1 <- occu(~ 1 ~ elev, sp_UMF)
fm2 <- occu(~ 1 ~ slope, sp_UMF)
#fm3 <- occu(~ 1 ~ dist_rd, sp_UMF)
fm4 <- occu(~ elev ~ elev, sp_UMF)
fm5 <- occu(~ elev ~ slope, sp_UMF)
#fm6 <- occu(~ elev ~ dist_rd, sp_UMF)
fm7 <- occu(~ basal_a ~ 1, sp_UMF)
fm8 <- occu(~ basal_a ~ elev, sp_UMF)
fm9 <- occu(~ basal_a ~ canopy_c, sp_UMF)
fm10 <- occu(~ 1 ~ canopy_c, sp_UMF)
#fm11 <- occu(~ 1 ~ dist_def, sp_UMF,)
#fm12 <- occu(~ elev ~ dist_def, sp_UMF)
#fm13 <- occu(~ basal_a ~ dist_def, sp_UMF)
fm14 <- occu(~ elev ~ canopy_c, sp_UMF)

# put the names of each model
models <- fitList(
  'p(.)psi(.)' = fm0,
  'p(.)psi(elev)' = fm1,
  'p(.)psi(slope)' = fm2,
  #'p(.)psi(dist_rd)' = fm3,
  'p(elev)psi(elev)' = fm4,
  'p(elev)psi(slope)' = fm5,
  #'p(elev)psi(dist_rd)' = fm6,
  'p(basal_a)psi(.)' = fm7,
  'p(basal_a)psi(elev)' = fm8,
  'p(basal_a)psi(canopy_c)' = fm9,
  'p(.)psi(canopy_c)' = fm10,
  #'p(.)psi(dist_def)' = fm11,
  #'p(elev)psi(dist_def)' = fm12,
  #'p(basal_a)psi(dist_def)' = fm13,
  'p(elev)psi(canopy_c)' = fm14
)

ms <- modSel(models)
# (ms)

#This part store some models coefficients in a table (mat_models) to compare on screen
ms_AIC_models<-as.data.frame(ms@Full[1], row.names = NULL) #store model name
modelo<-paste("_", as.character(as.character(sp.names[sp_number])),
  "_", " models", sep="") # fix model name addin species
ma_nPars<-as.data.frame(ms@Full$nPars) #store parameter number
ms_AIC_values<- as.data.frame(ms@Full$AIC) #store AIC values
ms_AIC_delta<- as.data.frame(ms@Full$delta) #store AIC delta values
ms_AIC_AICwt<- as.data.frame(ms@Full$AICwt) #store AIC wt values
ms_AIC_cumultw<-as.data.frame(ms@Full$cumltvWt) #store model name
```

```

ms_m<-as.data.frame(row.names(ms_AIC_models)) #store m number
ms_formula<- as.data.frame(ms@Full$formula) #store model formula
mat_models <- cbind(ms_AIC_models, ma_nPars, ms_AIC_values, ms_AIC_delta, ms_AIC_AICwt, ms_AIC_cumultvWt)
colnames(mat_models)<-c(modelo, "nPars",'AIC', "delta", "AICwt", "cumltvWt") # change row names

##Print los 7 primeros modelos
xtable(mat_models)
# print(spname)
# print (mat_models[c(1:7),])
# as.character(sp.names[sp_number])

}

```

7.3 Función para análisis multiespecie riqueza y acumulacion

Riqueza de especies y acumulación, modelando la ocurrencia y la detectabilidad. Este código es adaptado del método de Dorazio et al. (2006).

```
print(MultiSpeciesSiteOcc)
```

```

function (nrepls, X)
{
  start.time = Sys.time()
  nzeroes = 100
  n = dim(X)[1]
  nsites = dim(X)[2]
  Xaug = rbind(X, matrix(0, nrow = nzeroes, ncol = nsites))
  sp.data = list(n = n, nzeroes = nzeroes, J = nsites, K = nrepls,
    X = Xaug)
  sp.params = list("alpha", "beta", "rho", "sigma.u", "sigma.v",
    "omega", "N")
  sp.inits = function() {
    omegaGuess = runif(1, n/(n + nzeroes), 1)
    psi.meanGuess = runif(1, 0.25, 1)
    theta.meanGuess = runif(1, 0.25, 1)
    rhoGuess = runif(1, 0, 1)
    sigma.uGuess = 1
    sigma.vGuess = 1
    list(omega = omegaGuess, psi.mean = psi.meanGuess, theta.mean = theta.meanGuess,
      tau.u = 1/(sigma.uGuess^2), tau.v = 1/(sigma.vGuess^2),
      rho = rhoGuess, w = c(rep(1, n), rbinom(nzeroes,
        size = 1, prob = omegaGuess)), phi = rnorm(n +
        nzeroes, log(psi.meanGuess/(1 - psi.meanGuess)),
        sigma.uGuess), eta = rnorm(n + nzeroes, log(theta.meanGuess/(1 -
        theta.meanGuess)), sigma.vGuess), Z = matrix(rbinom((n +
        nzeroes) * nsites, size = 1, prob = psi.meanGuess),
        nrow = (n + nzeroes)))
  }
  library(R2WinBUGS)
  fit = bugs(sp.data, sp.inits, sp.params, model.file = "MultiSpeciesSiteOccModel",
    debug = F, n.chains = 4, n.iter = 5500, n.burnin = 500,

```

```

    n.thin = 50)
end.time = Sys.time()
elapsed.time = difftime(end.time, start.time, units = "mins")
cat(paste(paste("Posterior computed in ", elapsed.time, sep = ""),
  " minutes\n", sep = ""))
list(fit = fit, data = sp.data, X = X)
}

```

7.4 Información de sesión en R

Y por último se proporciona la información de nuestra sesión en R para poder hacer “proper reproducible research”.

```
sessionInfo()
```

```

R version 3.2.2 (2015-08-14)
Platform: x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)
Running under: Windows 7 x64 (build 7601) Service Pack 1

locale:
[1] LC_COLLATE=Spanish_Ecuador.1252  LC_CTYPE=Spanish_Ecuador.1252
[3] LC_MONETARY=Spanish_Ecuador.1252 LC_NUMERIC=C
[5] LC_TIME=Spanish_Ecuador.1252

attached base packages:
[1] grid      stats      graphics  grDevices utils      datasets  methods
[8] base

other attached packages:
[1] unmarked_0.11-0  Rcpp_0.12.1      spatstat_1.42-2  raster_2.4-20
[5] R2WinBUGS_2.1-21 boot_1.3-17      coda_0.17-1      scales_0.3.0
[9] Hmisc_3.17-0     Formula_1.2-1    survival_2.38-3  lattice_0.20-33
[13] xtable_1.7-4     ggmap_2.5.2      chron_2.3-47     zoo_1.7-12
[17] reshape_0.8.5    ggplot2_1.0.1    plyr_1.8.3       reshape2_1.4.1
[21] rgdal_1.0-7      maptools_0.8-36  sp_1.2-0         dplyr_0.4.3
[25] lubridate_1.3.3

loaded via a namespace (and not attached):
[1] deldir_0.1-9      png_0.1-7         assertthat_0.1
[4] digest_0.6.8     R6_2.1.1          acepack_1.3-3.3
[7] evaluate_0.8      tensor_1.5        RgoogleMaps_1.2.0.7
[10] geosphere_1.4-3   rpart_4.1-10      Matrix_1.2-2
[13] goftest_1.0-3     rmarkdown_0.8     proto_0.3-10
[16] splines_3.2.2     stringr_1.0.0     foreign_0.8-66
[19] polyclip_1.3-2    munsell_0.4.2     mgcv_1.8-7
[22] htmltools_0.2.6   nnet_7.3-11       gridExtra_2.0.0
[25] codetools_0.2-14  MASS_7.3-44       nlme_3.1-122
[28] gtable_0.1.2      DBI_0.3.1         magrittr_1.5
[31] formatR_1.2.1     stringi_0.5-5     mapproj_1.2-4
[34] latticeExtra_0.6-26 rjson_0.2.15      RColorBrewer_1.1-2
[37] tools_3.2.2       RJSONIO_1.3-0     maps_2.3-11
[40] jpeg_0.1-8        abind_1.4-3       parallel_3.2.2
[43] yaml_2.1.13       colorspace_1.2-6  cluster_2.0.3

```

References

- Bailey, Larissa L., Darryl I. MacKenzie, and James D. Nichols. 2013. “Advances and applications of occupancy models.” Edited by Evan Cooch. *Methods in Ecology and Evolution* 5 (12): 1269–79. doi:[10.1111/2041-210X.12100](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12100).
- Dorazio, Robert M, J Andrew Royle, Bo Söderström, and Anders Glimskär. 2006. “Estimating species richness and accumulation by modeling species occurrence and detectability.” *Ecology* 87 (4). Eco Soc America: 842–54. doi:[10.1890/0012-9658\(2006\)87\[842:ESRAAB\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[842:ESRAAB]2.0.CO;2).
- Gu, Weidong, and Robert K Swihart. 2004. “Absent or undetected? Effects of non-detection of species occurrence on wildlife–habitat models.” *Biological Conservation* 116 (2): 195–203. doi:[10.1016/S0006-3207\(03\)00190-3](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00190-3).
- Iknayan, Kelly J, Morgan W Tingley, Brett J Furnas, and Steven R Beissinger. 2014. “Detecting diversity: emerging methods to estimate species diversity.” *Trends in Ecology & Evolution* 29 (2): 97–106. doi:[10.1016/j.tree.2013.10.012](https://doi.org/10.1016/j.tree.2013.10.012).
- MacKenzie, Darryl I, James D Nichols, Gideon B Lachman, Sam Droege, J Andrew Royle, and Catherine A Langtimm. 2002. “Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one.” *Ecology* 83 (8): 2248–55. doi:[10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2248:ESORWD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2248:ESORWD]2.0.CO;2).
- MacKenzie, Darryl, James Nichols, J. A. Royle, Kenneth Pollock, Larissa Bailey, and James Hines. 2006. *Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Burlington, MA: Academic Press.
- Morrison, M L, Bruce G Marcot, and R.William Mannan. 2006. *Wildlife-habitat relationships, concepts and applications*. Washington: Island Press.
- Morrison, Michael L. 2002. *Wildlife restoration: Techniques for habitat analysis and animal monitoring*. Edited by James Aronson and Donald Falk. Washington: Island Press.
- Royle, J Andrew, and Robert M Dorazio. 2008. *Hierarchical modeling and inference in ecology: the analysis of data from populations, metapopulations and communities*. Academic Press.
- Royle, J. Andrew, Richard B. Chandler, Charles Yackulic, and James D. Nichols. 2012. “Likelihood analysis of species occurrence probability from presence-only data for modelling species distributions.” *Methods in Ecology and Evolution* 3 (3): 545–54. doi:[10.1111/j.2041-210X.2011.00182.x](https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2011.00182.x).