

Fauna de acuerdo a Integridad Ecológica

Queremos conocer qué animales habitan zonas íntegras y qué otros habitan zonas degradadas, para lo cual contamos con un mapa del Índice de Integridad Ecológica (IEE) y datos de fototrampeo obtenidos del proyecto SiPeCaM.

```
library(tidyverse)
library(terra)
library(knitr)
library(ggplot2)

source("utils.R")

# Mapa de IE
r_ei <- rast('data/ie/ie_xgb_slic_2021.tif')
r_ei <- project(r_ei, "epsg:4326", method='near')

## |-----|-----|-----|-----|=====

# Datos de foto trampeo
df <- read.csv('data/anotaciones/processed/anotaciones_sipecam_20241016.csv')
df <- df %>%
  mutate_at(vars(fecha_foto), as.Date, format="%Y-%m-%d") %>%
  mutate(year = year(fecha_foto))
```

De acuerdo al muestreo de SiPeCaM, se colocaron las cámaras trampa en áreas que se nombraron *cúmulos*, dentro de éstas, el terreno cuenta con las mismas características, con la diferencia que algunas zonas son íntegras y otras degradadas.

Cada renglón representa una especie observada en una foto, pudiendo haber más de un individuo de la especie en cada una. También se cuenta con las coordenadas geográficas de la cámara trampa, el cúmulo en el que fue ubicada y la fecha en la que fue tomada la foto.

cumulo	nombre	ecosistema	municipio	estado	coord_	longitud	latitud	numero	especie	cantidad	fecha	id	year
95	1_95_1Bd350	tem-pla-dos	de Agua Prieta	Municipio	Sonora	-	31.1922	2021-08-04	1	Homo sapi-ens	6	95/1_95_1_1350/HLPXGM090219767/2021-08-04/images_videos/304365a8cbcac0aa9a0273347	
95	1_95_1Bd350	tem-pla-dos	de Agua Prieta	Municipio	Sonora	-	31.1922	2021-08-04	1	Homo sapi-ens	6	95/1_95_1_1350/HLPXGM090219767/2021-08-04/images_videos/a1c57200f72b9d431d062efec1	
95	1_95_0Bd348	tem-pla-dos	de Agua Prieta	Municipio	Sonora	-	31.2540	2021-10-12	1	Equus ca-bal-lus	6	95/1_95_0_1348/HLPXGM090218863/2021-08-04/images_videos/b5e5b7a002263f7741c6ec2b41	

cumulo	menclato	sistema	municipio	estado	coord_longitud	coord_latitud	fecha_foto	numero_etiquetas	etiqueta	year
13	3_13_0	Selva húmedas	Palizada	Campeche	18.0882	91.9802	2021-08-05	1	Aves	6
									13/3_13_0_1399/HLPXGM020218507/2021-08-05/images_videos/a1b882d87811ce1d490d1334c	
13	3_13_0	Selva húmedas	Palizada	Campeche	18.0882	91.9802	2021-08-05	1	Aves	6
									13/3_13_0_1399/HLPXGM020218507/2021-08-05/images_videos/1b16b2286f3b1f31a48c778478	

Primero extraemos el valor del Índice de Integridad Ecológica de acuerdo a las coordenadas.

```
df_coord <- df %>% select(coord_longitud, coord_latitud)
df$ie_value <- terra::extract(r_ei, df_coord, method='exact')$prediction
df$ie <- ifelse(df$ie_value >= 4, 'Degradado', 'Integro')
```

Se asume que las observaciones de una especie, en un mismo sitio y en un mismo día, pertenecen a un sólo individuo. Se toma el máximo número de individuos, ya que puede haber más de uno en una sola foto.

```
df <- df %>%
  filter(!is.na(numero_individuos)) %>%
  group_by(cumulo,
    coord_longitud, coord_latitud,
    integridad_nodo, ie,
    fecha_foto,
    etiqueta) %>%
  summarise(numero_individuos=max(numero_individuos))
```

Se suman todas las observaciones de una especie en la zona íntegra y degradada de cada cúmulo.

```
df_counts <- df %>%
  group_by(cumulo,
    ie,
    etiqueta) %>%
  summarise(n=sum(numero_individuos, na.rm = TRUE))
df_counts <- df_counts %>%
  spread(ie, n) %>%
  replace(is.na(.), 0) %>%
  arrange(etiqueta)
```

cumulo	etiqueta	Degradado	Integro
31	Conepatus leuconotus	1	2
32	Conepatus leuconotus	1	2
95	Conepatus leuconotus	1	9
32	Conepatus semistriatus	0	1
92	Conepatus semistriatus	3	1
13	Crax rubra	0	6
92	Crax rubra	5	15
31	Cricetidae	0	1
92	Cricetidae	2	0
13	Cuniculus paca	1	0
92	Cuniculus paca	19	27

cumulo	etiqueta	Degradado	Integro
92	Dasypsecta mexicana	0	1

Se estima la media del grupo de cúmulos por cada especie, tanto en zona íntegra, como degradada. Posteriormente, se restan estos valores, obteniendo la diferencia de medias (columna *estimate*).

Para aquellas especies que tuvieron observaciones en más de un cúmulo, se corre una prueba *t* pareada, que evalúa si la diferencia de medias es diferente de cero, es decir, si existe un mayor número de observaciones, ya sea en la zona degradada o íntegra.

```
df_test_integridad_nodo <- get_test_table(df_counts)
```

etiqueta	estimate	statistic	p.value	parameter	conf.low	conf.high	method	alternative	n
Tayassu pecari	26.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Odocoileus virginianus	17.6000000	1.4542971	0.2195447	4	-	51.200722	Paired t-test	two.sided	5
Nasua narica	11.2857143	2.2642394	0.0641734	6	-	23.481928	Paired t-test	two.sided	7
Aramus guarauna	10.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Mazama temama	10.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Meleagris gallopavo	10.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Crax rubra	8.0000000	4.0000000	0.1559583	1	-	33.412410	Paired t-test	two.sided	2
Sciurus nayaritensis	8.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Ursus americanus	8.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Tinamus major	7.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Dicotyles tajacu	6.3333333	1.6859774	0.1526109	5	-	15.989662	Paired t-test	two.sided	6
Nyctanassa violacea	6.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Leopardus wiedii	5.5000000	2.6170702	0.0792009	3	-	12.188187	Paired t-test	two.sided	4
Didelphis	5.3333333	0.7797923	0.5171427	2	-	34.761018	Paired t-test	two.sided	3
Leopardus pardalis	5.2500000	3.3918060	0.0427180	3	0.3240570	10.175943	Paired t-test	two.sided	4
Tapirella bairdii	5.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Dendrotyx macroura	4.5000000	3.0000000	0.2048328	1	-	23.559307	Paired t-test	two.sided	2
Sciurus aureogaster	4.3333333	2.9824045	0.0964375	2	-	10.584943	Paired t-test	two.sided	3
Puma concolor	4.2500000	2.4974807	0.0879017	3	-	9.665616	Paired t-test	two.sided	4
Lynx rufus	4.0000000	1.3333333	0.4096655	1	-	42.118614	Paired t-test	two.sided	2
Sylvilagus	4.0000000	2.0000000	0.2951672	1	-	29.412409	Paired t-test	two.sided	2
Ortalis poliocephala	3.6666667	0.7366145	0.5380434	2	-	25.084102	Paired t-test	two.sided	3

etiqueta	estimate	statistic	p.value	parameter	conf.low	conf.high	method	alternative	n
Cuniculus paca	3.5000000	0.7777778	0.5791668	1	-	60.677921	Paired	two.sided	2
					53.6779213		t-test		
Equus	3.5000000	1.4000000	0.3948631	1	-	35.265512	Paired	two.sided	2
					28.2655118		t-test		
Conepatus leuconotus	3.3333333	1.4285714	0.2893309	2	-	13.372856	Paired	two.sided	3
					6.7061897		t-test		
Panthera onca	3.2500000	13.0000000	0.0009828	3	2.4543884	4.045612	Paired	two.sided	4
							t-test		
Dasyus novemcinctus	3.1666667	1.6780681	0.1541749	5	-	8.017588	Paired	two.sided	6
					1.6842543		t-test		
Penelope purpurascens	3.0000000	3.0000000	0.2048328	1	-	15.706205	Paired	two.sided	2
					9.7062047		t-test		
Aphelocoma wollweberi	3.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Mazama	3.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Mammalia	2.6666667	1.5118579	0.2697033	2	-	10.255833	Paired	two.sided	3
					4.9224994		t-test		
Animalia	2.5000000	5.0000000	0.1256659	1	-	8.853102	Paired	two.sided	2
					3.8531024		t-test		
Mephitis macroura	2.0000000	2.0000000	0.2951672	1	-	14.706205	Paired	two.sided	2
					10.7062047		t-test		
Colaptes auratus	2.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Equus asinus	2.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Eudocimus albus	2.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Tamandua mexicana	2.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Tinamidae	2.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Didelphis virginiana	1.8000000	1.2923247	0.2658473	4	-	5.667141	Paired	two.sided	5
					2.0671405		t-test		
Herpailurus yagouaroundi	1.5000000	3.0000000	0.2048328	1	-	7.853102	Paired	two.sided	2
					4.8531024		t-test		
Leopardus	1.5000000	3.0000000	0.2048328	1	-	7.853102	Paired	two.sided	2
					4.8531024		t-test		
Aves	1.0000000	2.4494897	0.0917211	3	-	2.299228	Paired	two.sided	4
					0.2992283		t-test		
Amanita vaginata	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Aramides albiventris	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Aulacorhynchus prasinus	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Buteo jamaicensis	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Buteo plagiatus	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2
Buteogallus anthracinus	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Canis lupus	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Columbidae	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	2
Conepatus	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Dasyprocta mexicana	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Egretta thula	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Erethizon dorsatum	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1

etiqueta	estimate	statistic	p.value	parameter	conf.low	conf.high	method	alternative	n
Felidae	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Homo sapiens	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Insecta	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Leopardus wiedii	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
glaucula									
Mephitidae	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Mustela frenata	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Mycteria	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
americana									
Nasua	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Odocoileus	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
hemionus									
Ortalis vetula	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Ovis canadensis	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Philander	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
opossum									
Sarcodon	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
imbricatus									
Sauria	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Trogon collaris	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Turdus	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Turdus assimilis	1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Bos taurus	0.5000000	0.1723455	0.8741368	3	-	9.732751	Paired	two.sided	4
					8.7327515		t-test		
Canis lupus	0.1428571	0.1298227	0.9009496	6	-	2.835444	Paired	two.sided	7
familiaris					2.5497293		t-test		
Equus caballus	0.0000000	0.0000000	1.0000000	3	-	1.837386	Paired	two.sided	4
					1.8373862		t-test		
Rodentia	0.0000000	0.0000000	1.0000000	1	-	12.706205	Paired	two.sided	2
					12.7062047		t-test		
Cervidae	0.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Mephitis	0.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Urocyon	-	-	0.9416680	5	-	10.805855	Paired	two.sided	6
cinereoargenteus	0.3333333	0.0769231			11.4725213		t-test		
Conepatus	-	-	0.7951672	1	-	18.559307	Paired	two.sided	2
semistriatus	0.5000000	0.3333333			19.5593071		t-test		
Cricetidae	-	-	0.7951672	1	-	18.559307	Paired	two.sided	2
	0.5000000	0.3333333			19.5593071		t-test		
Leptotila	-	-	0.6666667	2	-	5.070204	Paired	two.sided	3
verreauxi	0.6666667	0.5000000			6.4035370		t-test		
Canis latrans	-	-	0.7805761	3	-	7.085865	Paired	two.sided	4
	0.7500000	0.3046038			8.5858653		t-test		
Eira barbara	-	-	0.5000000	1	-	11.706205	Paired	two.sided	2
	1.0000000	1.0000000			13.7062047		t-test		
Ardea herodias	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
	1.0000000								
Didelphidae	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
	1.0000000								
Formicarius	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
analís	1.0000000								
Geococcyx velox	-	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
	1.0000000								

etiqueta	estimate	statistic	p.value	parameter	conf.low	conf.high	method	alternative	n
Geotrygon montana	- 1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Hylocichla mustelina	- 1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Procyon lotor hernandezii	- 1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Pseudastur albicollis	- 1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Sciurus deppei	- 1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Spilogale angustifrons	- 1.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Bassariscus astutus	- 2.0000000	- 0.6666667	0.6256659	1	- 40.1186142	36.118614	Paired t-test	two.sided	2
Zenaida macroura	- 4.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1
Procyon lotor	- 9.3333333	- 1.1094004	0.3827866	2	- 45.5313484	26.864682	Paired t-test	two.sided	3
Dasyprocta punctata	- 13.0000000	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1

En la siguiente gráfica podemos observar la diferencia de medias para aquellas especies que fue posible correr la prueba estadística. Los números resaltados indican que el *p-valor* es menor al nivel de confianza (0.05), por lo que se puede decir que la diferencia es estadísticamente significativa, como es en el caso del *Leopardus pardalis*, que tuvo 4.75 observaciones más en la zona íntegra que en la degradada.

