



**Universidad de la República
Facultad de Ciencias
Programa de Posgrado en
Ciencias Ambientales**



Hacia Una Ecología Del Paisaje De Los Cerritos De Indio Del Sureste De Uruguay

Lic. Joaquín Mazarino Rodríguez

Orientador: Prof. Daniel Panario

Co-Orientador: Prof. Roberto Bracco

Tribunal:

Dr. Carlos Céspedes

Dr. José Carlos Guerrero

Dra. Laura del Puerto

Diciembre

2024

Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales

Contenido

I.	Introducción:	15
I.a.	Justificación:	16
I.b.	Marco teórico:	17
I.c.	Los cerritos en su contexto arqueológico:	20
I.d.	Los cerritos como parches:	26
I.d.a.	Propiedades Edáficas:	26
I.d.b.	La vegetación de los cerritos:	28
I.d.c.	La fauna de los cerritos:	30
I.d.d.	Impacto de las propiedades de los cerritos:	31
II.	Hipótesis:	32
III.	Objetivos:	32
III.a.	General:	32
III.b.	Específicos:	32
IV.	Materiales y Métodos:	32
IV.a.	Estrategia de investigación:	33
IV.b.	Área de Estudio: Localidad Arqueológica India Muerta-Paso Barranca:	35
IV.c.	Información de base:	36
IV.d.	Caracterización de IMPB:	47
IV.b.	Análisis geoespacial:	61
IV.d.	Evolución del sistema fluvial en IMPB:	71
IV.e.	Los cerritos de indio y su uso reciente:	74
V.	Resultados:	76
V.a.	Los cerritos en el paisaje de IMPB:	76
V.a.b.	Zona Alta:	76
V.a.c.	Zona Alta/Baja:	76
V.a.d.	Zona Central:	76
V.a.e.	Zona de Planicies Altas:	77
V.a.f.	Zona de Planicies Medias:	77
V.a.g.	Zona Sumergible:	77
V.b.	Prioridades de Conservación:	84
V.c.	Hidrografía:	85
V.c.a.	Paleocauces y evolución del Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL):	86
V.d.	Corredores Biológicos:	90
V.e.	Agrupación de las variables paisajísticas:	92
Bracco (2019):		92
Gazzan et al (2022):		99
IMPB Total:		106
V.f.	Patrones de distribución:	113
Bracco (2019):		113

Gazzan et al (2022):	117
IMPB Total:	122
V.g. Modelo de distribución de los cerritos en el paisaje:	131
Datos procedentes de Bracco (2019):	131
Datos procedentes de Gazzan et al (2022):	141
Datos procedentes de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total:	150
V.h. Cerritos, paisaje y percepción:.....	159
V.h.a. La familia Infante:.....	160
V.h.b. Bernardo Sierra:.....	162
V.h.c. Alfonso Torres:.....	163
VI. Discusión:	166
<i>Los cerritos en el paisaje</i>	166
<i>Análisis de distribución</i>	170
<i>Modelo Lineal Generalizado</i>	172
<i>Testimonios orales</i>	175
<i>Los cerritos como conectores a nivel local</i>	177
<i>Perspectivas y futuras investigaciones</i>	180
VII. Conclusiones:	182
VIII. Bibliografía:.....	184
IX. Anexos:.....	197
Cuestionario	198

Índice de Figuras

Figura 1 Factores formadores del Paisaje y sus interrelaciones (tomado de Etter, 1991).	18
Figura 2 El paisaje en sus componentes: Fenosistema y Criptosistema: H= Hidrografía, C= Clima, F= Fauna, R= Relieve, S= Suelo, V= Vegetación (tomado de Etter, 1991).	19
Figura 3 Modelo de "mosaico" del paisaje (traducido de Lausch et al., 2015).	19
Figura 4 Regiones donde se encuentran los montículos en el sur de Brasil y el este de Uruguay (tomado de Bracco et al., 2023).	21
Figura 5 Conjunto de cerritos del sitio Puntas de San Luis (PSL), departamento de Rocha (tomado de Bracco et al., 2008).	22
Figura 6 Cuenca alta del río Cebollatí y paleocursos que lo conectan a localidad arqueológica India Muerta-Paso Barranca (IMPB) (redibujado de Montaña y Bossi, 1995).	24
Figura 7 Conjuntos de ombúes y coronillas en cerritos del sitio García-Ricci (GR).	30
Figura 8 Localidad arqueología India Muerta-Paso Barranca: IMPB; Sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera: Sitio Ramsar; Sitios mencionados: Campo Alto (CA), Cerro la Viuda (CV), Estancia Mal Abrigo (EMA), García-Ricci (GR), Isla de Alberto (IA), Los Ajos (LA), Los Huesos (LH), La Tapera (LT), Los Talitas (LTI), Martínez Damonte (MD), Puntas de San Luis (PSL), Rincón de San Luis (RSL).	36
Figura 9 IMPB: India Muerta-Paso Barranca, IM: India Muerta y sectores comparados en las bases de datos (Bracco, 2019; Gazzan et al., 2022). Mapa base: Ortoimágenes 2017-2018 (IDEuy).	38
Figura 10 A: Cerritos identificados en el sitio Los Ajos (LA), B: Cerritos identificados en el sitio Campo Alto (CA), C: Cerritos identificados en el sector de Planicies 1, D: Cerritos identificados en el sector de Planicies 2.	39

Figura 11 Distribución de los cerritos respecto a las Zonas Geomorfológicas presentes en la zona.	41
Figura 12 Distribución de los cerritos respecto a las Formaciones Geológicas presentes en la zona.	41
Figura 13 Distribución de los cerritos respecto a la vegetación potencial reportada para la zona.	42
Figura 14 Cerritos ubicados dentro del buffer de 30 m para el sitio Campo Alto (CA).	43
Figura 15 Grilla construida con un tamaño de celda de 1 km ² para integrar las variables paisajísticas.	44
Figura 16 Esquema del montaje de las diferentes capas en grilla.	45
Figura 17 Distribución de cerritos por Bio-subzona (BZ).	57
Figura 18 Corredores biológicos para la ecorregión Graben de la Laguna Merín. La línea negra punteada indica la localidad India Muerta-Paso Barranca: IMPB.	58
Figura 19 Cursos abandonados de Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) (modificado de Bossi y Ortiz, 2011).	60
Figura 20 Ejemplo de tabla de contingencia de 2x2 para calcular el coeficiente de asociación entre dos variables dicotómicas (tomado de Wilks, 2011).	70
Figura 21 Ubicación en el área de estudio de las estaciones pluviométricas de referencia.	73
Figura 22 Distribución de los cerritos (%) por unidad geomorfológica en IMPB. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos	80
Figura 23 Densidad de cerritos por unidad geomorfológica en IMPB. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos	81
Figura 24 Distribución de los cerritos por unidad geomorfológica en IM. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos	83
Figura 25 Densidad de cerritos por unidad geomorfológica en IM. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos	83
Figura 26 Si bien se observa una superposición de los cerritos sobre los corredores biológicos, su disposición parecería estar cubriendo los espacios vacíos dejados por estos, como lo indican los círculos azules.	91
Figura 27 Diagrama de dispersión del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Bracco (2019).	95
Figura 28 Dendrograma de clúster jerárquico para para los datos procedentes de Bracco (2019).	97
Figura 29 Diagrama de dispersión del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).	102
Figura 30 Dendrograma de clúster jerárquico para para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).	104
Figura 31 Diagrama de dispersión del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes IMPB Total.	109
Figura 32 Dendrograma de clúster jerárquico para para los datos procedentes de IMPB Total.	111

Figura 33 Agregados de mayor número de cerritos sobre los datos de Bracco (2019).	116
Figura 34 Índice Relativo de Centralidad sobre los datos de Bracco (2019).	117
Figura 35 Agregados de mayor número de cerritos sobre los datos de Gazzan et al (2022). .	121
Figura 36 Índice Relativo de Centralidad sobre los datos de Gazzan et al (2022), el rectángulo negro delimita IM.	122
Figura 37 Agrupamientos de los cerritos como elementos boscosos en la matriz de IMPB. ...	126
Figura 38 Agrupamientos de los cerritos "pelados" evitados por la agricultura en la matriz de IMPB.	127
Figura 39 Agrupamientos dentro de corredores biológicos. Obsérvese que aún dentro de los corredores la matriz se encuentra fuertemente perturbada por el cambio en el uso del suelo.	128
Figura 40 Agregados de mayor número de cerritos sobre los datos de IMPB Total.	130
Figura 41 Índice Relativo de Centralidad sobre los datos de IMPB Total.	131
Figura 42 Análisis Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables sobre los datos de Bracco (2019). Las flechas rojas indican las coordenadas de cada una de las variables en función de los componentes 1 (CP1) y 2 (CP2). Los puntos son las observaciones de los sitios, coloreados por la cantidad de cerritos.	132
Figura 43 Clúster jerárquico sobre los datos de Bracco (2019).	133
Figura 44 Matriz de correlaciones Phi para la matriz de datos de Bracco (2019).	134
Figura 45 Análisis de clúster jerárquico de las variables numéricas no correlacionadas sobre los datos de Bracco (2019).	135
Figura 46 Relación entre las variables explicativas y la cantidad de cerritos sobre los datos de Bracco (2019).	136
Figura 47 Conteo de cantidad de valores 0 y 1 por cada variable explicativa de los datos de Bracco (2019).	136
Figura 48 Distribución de la cantidad de cerritos (CE) según presencia/ausencia de las variables explicativas sobre los datos de Bracco (2019).	137
Figura 49 Frecuencia de ocurrencia de los posibles valores de la variable cerritos (CE) para los datos de Bracco (2019).	138
Figura 50 Distribución acumulada (CDF) y gráficos QQ (cuantil-cuantil) sobre los datos de Bracco (2019).	138
Figura 51 Análisis Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables sobre los datos de Gazzan et al (2022). Las flechas rojas indican las coordenadas de cada una de las variables en función de los componentes 1 (CP1) y 2 (CP2). Los puntos son las observaciones de los sitios, coloreados por la cantidad de cerritos.	142
Figura 52 Clúster jerárquico sobre los datos de Gazzan et al (2022).	143
Figura 53 Matriz de correlaciones Phi para la matriz de datos de Gazzan et al (2022).	144
Figura 54 Análisis de clúster jerárquico de las variables numéricas no correlacionadas sobre los datos de Gazzan et al (2022).	145
Figura 55 Relación entre las variables explicativas y la cantidad de cerritos sobre los datos de Gazzan et al (2022).	145
Figura 56 Conteo de cantidad de valores 0 y 1 por cada variable explicativa de los datos de Gazzan et al (2022).	146
Figura 57 Distribución de la cantidad de cerritos (CE) según presencia/ausencia de las variables explicativas sobre los datos de Gazzan et al (2022).	146
Figura 58 Frecuencia de ocurrencia de los posibles valores de la variable cerritos (CE) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).	147
Figura 59 Distribución acumulada (CDF) y gráficos QQ (cuantil-cuantil) sobre los datos de Gazzan et al (2022).	148
Figura 60 Análisis Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total. Las flechas rojas indican las coordenadas de cada una de las variables en función de los componentes 1 (CP1) y 2 (CP2). Los puntos son las observaciones de los sitios, coloreados por la cantidad de cerritos.	151
Figura 61 Clúster jerárquico sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total. .	152
Figura 62 Matriz de correlaciones Phi para la matriz de datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	153
Figura 63 Análisis de clúster jerárquico de las variables numéricas no correlacionadas sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	154

Figura 64 Relación entre las variables explicativas y la cantidad de cerritos sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	154
Figura 65 Conteo de cantidad de valores 0 y 1 por cada variable explicativa de los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	155
Figura 66 Distribución de la cantidad de cerritos (CE) según presencia/ausencia de las variables explicativas sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	155
Figura 67 Frecuencia de ocurrencia de los posibles valores de la variable cerritos (CE) para los datos procedentes India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	156
Figura 68 Distribución acumulada (CDF) y gráficos QQ (cuantil-cuantil) sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	157
Figura 69 Materiales recuperados en los cerritos por Alfonso Torres.	164
Figura 70 Arriba: cerritos con ganado pastando. Abajo: detalle de cerrito.	165
Figura 71 Gradiente de recursos de la colina (A) al bañado (B) (tomado de Moreno, 2014)...	174
Figura 72 En rojo zonas ecotonales que deberían ser caracterizadas.	178
Figura 73 Parches/Corredor. Bien conectado, a la izquierda y con vacíos críticos a la derecha. Obsérvese que la remoción de unos pocos individuos puede cortar este corredor (tomado de Bentrup, 2008).	179

Índice de Tablas

Tabla 1 Números de cerritos identificados para cada sector.	40
Tabla 2 Variables relevadas por FID.	46
Tabla 3 Riqueza Potencial de Especies (RPE) en India Muerta-Paso Barranca (IMPB)	56
Tabla 4 Riqueza Potencial de Especies (RPE) en India Muerta (IM)	56
Tabla 5 Cuencas hidrográficas en IMPB.	59
Tabla 6 Variables paisajísticas seleccionadas para el análisis.	61
Tabla 7 Variables paisajísticas analizadas para el Modelo Lineal Generalizado (MLG).	67
Tabla 8 Valores de las coordenadas en grados decimales de las estaciones pluviométricas consultadas.	73
Tabla 9 Coeficiente de escorrentía para la cuenca alta del río Cebollatí en función de su cobertura y pendiente.	73
Tabla 10 Distribución de los cerritos (Bracco, 2019 e IMPB Total) en Zonas y Unidades Geomorfológicas de IMPB (sensu Sombroek, 1969). Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos	79
Tabla 11 Distribución de cerritos en Zonas y Unidades Geomorfológicas de IM (sensu Sombroek, 1969). Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos.....	81
Tabla 12 Cerritos por Bio-Subzona en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).	84
Tabla 13 Cerritos por Bio-Subzona en India Muerta (IM).	85
Tabla 14 Distribución de los cerritos y cursos de agua en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).	85
Tabla 15 Distribución de los cerritos y cursos de agua en India Muerta (IM).	86
Tabla 16 Paleocauces, incluyendo Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) India Muerta-Paso Barranca (IMPB).	86
Tabla 17 Paleocauces, incluyendo Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) India Muerta (IM).	86
Tabla 18 Distribución de los cerritos y paleocauces en India Muerta-Paso Barranca (IMPB). ..	87
Tabla 19 Distribución de los cerritos y paleocauces en India Muerta (IM).	87

Tabla 20 Distribución de los cerritos en torno a Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) para IMPB India Muerta-Paso Barranca (IMPB).	87
Tabla 21 Distribución de los cerritos en torno a Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) para India Muerta (IM).	88
Tabla 22 Relación de Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) con el resto de Paleocauces en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).	88
Tabla 23 Relación de Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) con el resto de Paleocauces en India Muerta (IM).	88
Tabla 24 Modelo de niveles marinos, valores de la precipitación en estación húmeda y de la temperatura media anual ~ 5.500-3.000 años ¹⁴ C aP (estimado a partir de datos en del Puerto, 2015).	89
Tabla 25 Aporte de la cuenca alta del río Cebollatí al Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL).	90
Tabla 26 Distribución de los cerritos en los corredores en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).	92
Tabla 27 Distribución de los cerritos en los corredores en India Muerta (IM).	92
Tabla 28 Resumen del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Bracco (2019).	93
Tabla 29 Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Bracco (2019).	94
Tabla 30 Índice de similitud para los datos procedentes de Bracco (2019).	98
Tabla 31 Resumen del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).	100
Tabla 32 Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).	101
Tabla 33 Índice de similitud para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).	105
Tabla 34 Resumen del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de IMPB Total.	107
Tabla 35 Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de IMPB Total.	108
Tabla 36 Índice de similitud para los datos procedentes de IMPB Total.	112
Tabla 37 Resultados del análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) para Bracco (2019).	113
Tabla 38 Agregados por Vecino Más Próximo (VMP) sobre los datos de Bracco (2019).	114
Tabla 39 Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) para Bracco (2019).	115
Tabla 40 Resultados del análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) para Gazzan et al (2022).	118
Tabla 41 Agregados por Vecino Más Próximo (VMP) sobre los datos de Gazzan et al (2022).	118
Tabla 42 Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) para Gazzan et al (2022).	119
Tabla 43 Resultados del análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) para IMPB Total.	123
Tabla 44 Agregados por Vecino Más Próximo (VMP) sobre los datos de IMPB Total.	123
Tabla 45 Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) para IMPB Total.	129
Tabla 46 Modelo óptimo sobre los datos de Bracco (2019).	139
Tabla 47 Distribución de las variables explicativas para los datos procedentes de Bracco (2019).	140
Tabla 48 Modelo óptimo sobre los datos de Gazzan et al (2022).	149
Tabla 49 Distribución de las variables explicativas para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).	149
Tabla 50 Modelo óptimo sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	158
Tabla 51 Distribución de las variables explicativas para los datos procedentes de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.	158

Índice de Abreviaciones

Análisis de Componentes Principales	ACP
Análisis de Coordenadas Principales	ACoP

Análisis de Varianza	ANOVA
Arenoso	Ar
Arenoso-Franco	ArF
Bañados de arroyos	Ba
Bañados encharcados no diferenciados	Brnd
Bañados encharcados siempre sumergidos	Bri
Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos	Brit
Bañados encharcados temporalmente secos	Brs
Bio-subzonas	BZ
Campo Alto	CA
Cerro la Viuda	CV
Colinas cristalinas	C
Corredores	CO
Cuenca de la Laguna Merín	CLM
Cursos de Agua	CA
Dirección Nacional de Aguas	DINAGUA
Distancia Máxima Observada	DMO
Ecología del Paisaje	EP
Estancia Mal Abrigo	EMA
Formación geológica ígneo volcánica	FGO_1
Formación geológica sedimentaria	FGO_2
Formaciones Geológicas	FG
Formaciones Vegetales	FV
Franco	Fr
Franco-Arciloso	FAc
Franco-Arciloso-Arenoso	FAcAr
Franco-Arciloso-Limoso	FAcL
Franco-Arenoso	FAr
Franco-Limoso	FL
García-Ricci	GR
India Muerta	IM
India Muerta-Paso Barranca	IMPB
Índice relativo de centralidad	IRC
Índice relativo de centralidad	IRC

Intervalos de Confianza	IC
Isla de Alberto	IA
La Tapera	LT
Laguna de Los Ajos	LLA
Llanura alta continental	LA
Llanura media continental	LM
Llanura media encharcada	LMb
Lomadas	M
Los Ajos	LA
Los Huesos	LH
Los Talitas	LTI
Martínez Damonte	MD
Materi Orgánica	MO
Modelo Lineal Generalizado	MLG
Objetivo Específico	OE
Paleocauces	PALEO
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Puntas de San Luis	PSL
Rincón de Bravo	RB
Rincón de San Luis	RSL
Riqueza Potencial de Especies	RPE
Sierras	SR
Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas	Cm
Sistemas de Información Geográfica	SIG
Vecinos Más Próximos	VMP
Análisis de Componentes Principales	ACP
Análisis de Coordenadas Principales	ACoP
Análisis de Varianza	ANOVA
Arenoso	Ar
Arenoso-Franco	ArF
Bañados de arroyos	Ba
Bañados encharcados no diferenciados	Brnd

Bañados encharcados siempre sumergidos	Bri
Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos	Brit
Bañados encharcados temporalmente secos	Brs
Bio-subzonas	BZ
Campo Alto	CA
Cerro la Viuda	CV
Colinas cristalinas	C
Corredores	CO
Cuenca de la Laguna Merín	CLM
Cursos de Agua	CA
Dirección Nacional de Aguas	DINAGUA
Distancia Máxima Observada	DMO
Ecología del Paisaje	EP
Estancia Mal Abrigo	EMA
Formación geológica ígneo volcánica	FGO_1
Formación geológica sedimentaria	FGO_2
Formaciones Geológicas	FG
Formaciones Vegetales	FV
Franco	Fr
Franco-Arciloso	FAc
Franco-Arciloso-Arenoso	FAcAr
Franco-Arciloso-Limoso	FAcL
Franco-Arenoso	FAr
Franco-Limoso	FL
García-Ricci	GR
India Muerta	IM
India Muerta-Paso Barranca	IMPB
Índice relativo de centralidad	IRC
Índice relativo de centralidad	IRC
Intervalos de Confianza	IC
Isla de Alberto	IA
La Tapera	LT
Laguna de Los Ajos	LLA
Llanura alta continental	LA

Llanura media continental	LM
Llanura media encharcada	LMb
Lomadas	M
Los Ajos	LA
Los Huesos	LH
Los Talitas	LTI
Martínez Damonte	MD
Materi Orgánica	MO
Modelo Lineal Generalizado	MLG
Objetivo Específico	OE
Paleocauces	PALEO
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Puntas de San Luis	PSL
Rincón de Bravo	RB
Rincón de San Luis	RSL
Riqueza Potencial de Especies	RPE
Sierras	SR
Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas	Cm
Sistemas de Información Geográfica	SIG
Vecinos Más Próximos	VMP
Análisis de Componentes Principales	ACP
Análisis de Coordenadas Principales	ACoP
Arenoso	Ar
Arenoso-Franco	ArF
Bañados de arroyos	Ba
Bañados encharcados no diferenciados	Brnd
Bañados encharcados siempre sumergidos	Bri
Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos	Brit
Bañados encharcados temporalmente secos	Brs
Bio-subzonas	BZ
Campo Alto	CA
Cerro la Viuda	CV
Colinas cristalinas	C
Corredores	CO
Cuenca de la Laguna Merín	CLM
Cursos de Agua	CA
Distancia Máxima Observada	DMO

Ecología del Paisaje	EP
Estancia Mal Abrigo	EMA
Formación geológica ígneo volcánica	FGO_1
Formación geológica sedimentaria	FGO_2
Formaciones Geológicas	FG
Formaciones Vegetales	FV
Franco	Fr
Franco-Arciloso	FAc
Franco-Arciloso-Arenoso	FAcAr
Franco-Arciloso-Limoso	FAcL
Franco-Arenoso	FAr
Franco-Limoso	FL
García-Ricci	GR
India Muerta	IM
India Muerta-Paso Barranca	IMPB
Índice relativo de centralidad	IRC
Isla de Alberto	IA
La Tapera	LT
Laguna de Los Ajos	LLA
Llanura alta continental	LA
Llanura media continental	LM
Llanura media encharcada	LMb
Lomadas	M
Los Ajos	LA
Los Huesos	LH
Los Talitas	LTI
Martínez Damonte	MD
Materi Orgánica	MO
Objetivo Específico	OE
Paleocauces	PALEO
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Paleo-Cebollatí-San Luis	PCSL
Puntas de San Luis	PSL
Rincón de Bravo	RB
Rincón de San Luis	RSL
Riqueza Potencial de Especies	RPE
Sierras	SR
Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas	Cm
Sistemas de Información Geográfica	SIG
Vecinos Más Próximos	VMP

Agradecimientos:

Agradezco a los profesores Daniel Panario y Roberto Bracco por su orientación en este proyecto, por facilitar el mapeo geomorfológico y brindar comentarios sobre aspectos metodológicos del trabajo y análisis de datos. A la profesora Ofelia Gutiérrez por su ayuda y asesoramiento en la puesta en marcha del sistema de información geográfica. Al profesor Walter Norbis por su apoyo y orientación en el análisis estadístico de los datos. A Mario Bidegain por facilitar el acceso a los registros históricos de estaciones pluviométricas.

Se agradece la colaboración de los informantes que generosamente aportaron su experiencia y conocimiento sobre la zona de estudio.

A los integrantes del tribunal Dra. Laura del Puerto, Dr. José Guerrero y Dr. Carlos Céspedes cuyas observaciones y aportes ayudaron a orientar el análisis de los datos y estructuración del manuscrito final.

Este proyecto de maestría fue apoyado por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación a través del Sistema Nacional de Becas bajo el título de “Estructuras monticulares en la génesis del paisaje de los humedales del sureste de Uruguay. Un abordaje desde la Ecología del Paisaje”.

Resumen:

Esta tesis de maestría investiga la ecología del paisaje de los sitios arqueológicos conocidos como "cerritos de indio", estos son montículos de tierra que tienen su origen en las poblaciones prehispánicas de la Cuenca de Laguna Merín, en el sureste de Uruguay. Estos sitios, que comenzaron a elevarse hace 5.500 años y continúan siendo utilizados por poblaciones actuales, han sido interpretados como evidencia de la adaptación humana a la dinámica ambiental de la región entorno del Holoceno medio (~ 5.000 años ¹⁴CaP). Este estudio va más allá de las interpretaciones arqueológicas, integrando perspectivas ecológicas y sociales, proporcionando una comprensión de los cerritos de indio como componentes estructurales y funcionales del paisaje.

La investigación empleó un enfoque de métodos mixtos, combinando el análisis de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de patrones espaciales con datos cualitativos recolectados a través de entrevistas con informantes locales. El análisis de SIG incorporó múltiples variables paisajísticas que representan sus diversos componentes, incluyendo características del suelo, patrones de vegetación, hidrología y la presencia de corredores biológicos preexistentes. Estas variables fueron analizadas para determinar su relación con la distribución y densidad de los cerritos.

Los resultados revelan que los cerritos funcionan como "stepping stone patches" jugando un rol ecológicamente significativo dentro de un paisaje cada vez más fragmentado. A pesar de los cambios en la hidrología del paisaje a lo largo del tiempo, principalmente por los cambios en el sistema fluvial Cebollati, los cerritos mantienen la conectividad al ocupar los espacios entre los corredores ecológicos más grandes ya definidos para la zona.

Las entrevistas con informantes proporcionaron valiosos datos cualitativos, confirmando el uso histórico de los cerritos por comunidades locales para la agricultura, como refugios para el ganado y viviendas. También destacan la importancia cultural actual de estos sitios, incluso mientras el paisaje sigue transformándose, enfatizando la importancia de un enfoque de conservación que integre distintas perspectivas. Esta investigación demuestra el papel crucial de los cerritos en el mantenimiento de la conectividad ecológica, la biodiversidad y la identidad cultural de la región, ofreciendo un valioso estudio de caso para integrar perspectivas ecológicas, arqueológicas y sociales en la gestión del paisaje. Los hallazgos resaltan la necesidad de estrategias de conservación holísticas para proteger este patrimonio único.

Palabras clave: cerritos de indio, parches ecológicos, dinámica del paisaje, conectores del paisaje

I. Introducción:

I.a. Justificación:

La velocidad a la que se están produciendo cambios globales en la naturaleza en los últimos 50 años es sin precedentes en la historia de la humanidad (IPBES, 2019). Los principales factores que han impulsado estos cambios en el entorno, ordenados según su impacto global, son: las alteraciones en el uso de la tierra y del mar, la explotación directa de organismos, el cambio climático, la contaminación y la invasión de especies exóticas (IPBES, 2019).

A través de actividades como la agricultura, forestación y otros usos de la tierra, los seres humanos han reestructurado la biosfera cambiando los patrones globales de composición y abundancia de especies, productividad primaria, hidrología de la superficie terrestre y los ciclos biogeoquímicos de nutrientes (Matson et al., 1997; Vitousek et al., 1997; Foley et al., 2005). Actualmente la mayoría de la superficie terrestre libre de hielo ha sido antropizada en algún grado, y los ecosistemas dominados por humanos cubren más de la superficie terrestre que los "salvajes" (Ellis y Ramankutty, 2008; McCloskey y Spalding, 1989; Vitousek et al., 1997; Sanderson et al., 2002; Mittermeier et al., 2003; Foley et al., 2005). Las políticas de adaptación, mitigación y caminos hacia la sostenibilidad se basan en modelos predictivos que requieren abordajes diacrónicos para dimensionar los impactos actuales (IPBES, 2019; IPCC, 2021; Kondratyev et al., 2002).

Uno de los temas de creciente relevancia en el desarrollo de políticas de conservación de biodiversidad a nivel global gira en torno a la planificación espacial y conectividad de los ecosistemas entendiendo a este último aspecto como un elemento clave para su resiliencia y por lo tanto cruciales para la conservación de la biodiversidad (IPBES, 2019).

Para el caso de Uruguay el cambio de uso y cobertura del suelo y está causando una alarmante pérdida de biodiversidad, con hasta un 50% de hábitats naturales desaparecidos en "puntos calientes" de biodiversidad (Braziero et al., 2008a) impulsada por la expansión del sector. Es crucial implementar medidas de conservación para prevenir la fragmentación de ecosistemas, ya que actualmente las presiones económicas por la expansión agroindustrial continúan creciendo (Braziero et al., 2008a). Particularmente en la cuenca de la Laguna Merín (CLM) (sureste de Uruguay), los principales efectos del sector agroindustrial, como la expansión de la producción arroceras que implica infraestructura de irrigación y canalización, han generado consecuencias adversas en los sistemas socioambientales, la pesca, los valores patrimoniales, la calidad del agua y la salud humana. (Kruk et al., 2022).

Si bien Uruguay cuenta con un sistema de clasificación de ecorregiones (Braziero et al., 2012), un mapeo de ambientes (Panario et al., 2015), un mapeo de áreas de prioridad de conservación geográfica de la biodiversidad (Braziero et al., 2008b) y un mapeo de corredores biológicos (Gutiérrez et al., 2012), Gutiérrez et al. (2012) advierten que para zonas fuertemente intervenidas (como es el caso de los humedales de la CLM) es necesario el establecimiento de redes de conectores a nivel local. O sea que conecten pequeños parches ambientales de interés para la estabilidad ecosistémica a ese nivel.

Sin embargo, para dimensionar la magnitud de los cambios actuales y sus posibles consecuencias es necesario abordar la interacción humana/ambiente desde una perspectiva que abarque largos períodos (Anderson et al., 2007).

Las investigaciones arqueológicas han aportado información acerca de la dinámica socioambiental pasada, contribuyendo a una comprensión más amplia de esta interacción (Dincauze, 2000). A través de abordajes multidisciplinarios la arqueología brinda marcos de referencia para ponderar cambios ambientales regionales, diseñar medidas de conservación de ecosistemas y revalorizar prácticas agrícolas tradicionales (e.g. Arroyo-Kalin, 2009, 2010; Rebellato et al., 2009; Sombroek et al., 2002).

Para el caso del sureste de Uruguay se han desarrollado varias décadas de investigaciones arqueológicas que han incorporado métodos y técnicas de las ciencias ambientales al estudio de los sitios arqueológicos conocidos como “cerritos de indio” (Bracco et al., 2016; del Puerto, 2011a; Duarte et al., 2017; García-Rodríguez et al., 2010; Inda, 2009). Los resultados alcanzados por estas investigaciones han sido insumos valiosos para el desarrollo de políticas de gestión ambiental de la zona y la conservación de la herencia ecológica y cultural que representan estos sitios (Gazzan et al; 2024; Gianotti, 2015; del Puerto et al., 2016a; Steffen e Inda, 2010).

Avanzar en la comprensión de estos sitios arqueológicos como parches y en particular su rol en la dinámica del paisaje, y su aporte a la resiliencia de ecosistemas cada vez más fragmentados es fundamental tanto para reconstruir la historia socioambiental de la zona como para entender los procesos ecosistémicos actuales.

I.b. Marco teórico:

“El paisaje no es, pues, sólo la apariencia del territorio, no es sólo una figuración, sino una configuración.”

Eduardo Martínez de Pisón (2007: 336).

La Ecología del Paisaje (EP) es una rama de la ecología que aborda la interrelación del ser humano y sus paisajes abiertos y construidos mediante enfoques biofísicos y analíticos con perspectivas holísticas y humanísticas (Naveh y Lieberman, 1994). El objeto de estudio de EP son las funciones internas del paisaje, entendidas como la organización espacial y relaciones de sus componentes, combinando el enfoque espacialmente orientado de la geografía con el funcional/estructural de la ecología (Langer, 1970).

Un paisaje está compuesto por diversos elementos espaciales que interactúan entre sí. Estos elementos son considerados componentes estructurales-funcionales-temporales del paisaje y corresponden a porciones homogéneas de espacio geográfico.

Los componentes estructurales-funcionales del paisaje son el resultado de la interacción de diferentes factores formadores del paisaje (Figura 1), que incluyen: clima, geología, hidrología, suelos, vegetación, fauna y actividades humanas (González-Bernáldez, 1981).

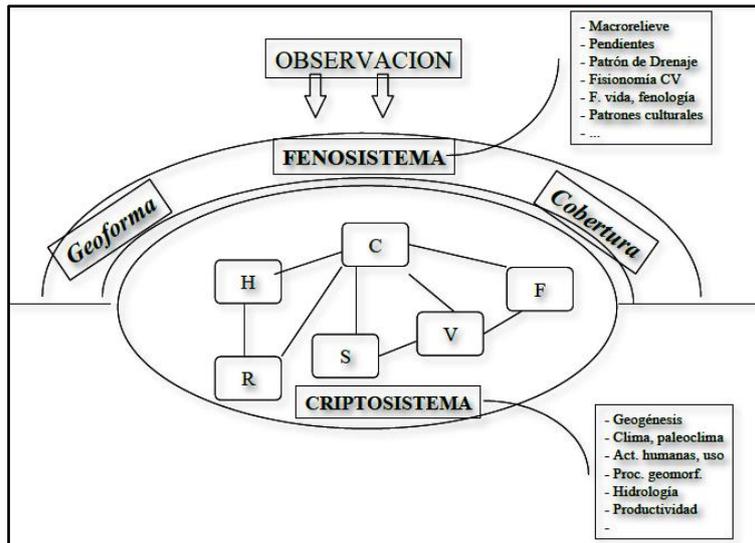


Figura 2 El paisaje en sus componentes: Fenosistema y Criptosistema: H= Hidrografía, C= Clima, F= Fauna, R= Relieve, S= Suelo, V= Vegetación (tomado de Etter, 1991).

Los procesos que se dan tanto a nivel de cripto y fenosistema, a lo largo del tiempo en un espacio dado generan patrones. Estos suelen conceptualizarse y representarse como un mosaico conformado por una matriz con parches o perturbaciones que son conectados por corredores (Figura 3) (Forman, 1995).

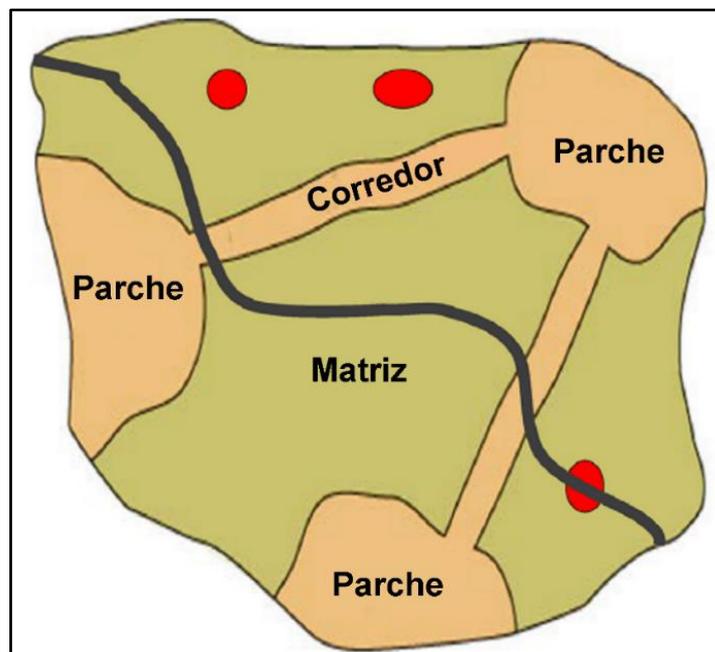


Figura 3 Modelo de "mosaico" del paisaje (traducido de Lausch et al., 2015).

La matriz de un paisaje se refiere al elemento predominante u homogéneo que ocupa la mayor área relativa en un determinado paisaje. En términos generales, se trata del componente principal o característico que define la apariencia y el carácter del paisaje en cuestión. La matriz puede

variar según el tipo de paisaje, ya sea natural o creado por el ser humano (Forman y Godron, 1981).

Los parches se definen como áreas o superficies de tamaño variable que presentan características distintivas y difieren de su entorno inmediato en términos de su fisionomía, composición o función. Los parches suelen tener una forma más o menos regular y están rodeados por áreas con características diferentes. Además de su diferenciación visual, los parches también exhiben una cierta homogeneidad interna. Esto significa que el interior del parche es relativamente uniforme en comparación con la matriz. Esta homogeneidad puede deberse a factores como el uso del suelo, la vegetación dominante, la textura del suelo o la estructura del hábitat (Forman y Godron, 1981).

Los corredores son componentes estructurales-funcionales en un paisaje (Forman y Godron, 1981). Según Koleff y Naranjo (2008), los corredores son elementos lineales de hábitat que conectan físicamente los fragmentos o áreas de conservación, permitiendo que las especies se trasladen entre ellos. Estos corredores son esenciales para las especies que no pueden cruzar la matriz de hábitats. La implementación o preservación de corredores asegura esta conexión. Otras especies pueden cruzar la matriz o utilizarla temporal o permanentemente, y en estos casos, la conectividad depende del tipo de hábitat de la matriz y la distancia entre los fragmentos. La fragmentación del hábitat debido al cambio de uso del suelo puede restringir la movilidad de ciertas especies, tanto altitudinal (cuando el relieve lo permite) como latitudinal (Gutiérrez et al., 2012).

Dados los objetivos de la EP, la información de los sitios arqueológicos proporciona una fuente útil de evidencia con respecto a las prácticas culturales, cambio antropogénico, condiciones locales y distribuciones de organismos en una variedad de escalas tanto espaciales como temporales. Debido a la profundidad de tiempo que puede llegar a abarcar el registro arqueológico, se pueden estudiar procesos a largo plazo como el uso de la tierra y la influencia humana en la heterogeneidad e historia del paisaje (Scharf, 2014). Los investigadores pueden utilizar conocimientos arqueológicos para diferenciar entre taxones nativos y exóticos, informar planes de restauración, identificar prácticas sostenibles de cosecha, dar cuenta de las distribuciones modernas de taxones, estimar futuros cambios biogeográficos, y dilucidar la interacción de largo y corto plazo de los procesos ecológicos (Scharf, 2014).

Lo mismo puede decirse a la inversa, considerando al ser humano como un factor formador del paisaje, el análisis de los patrones del paisaje permite inferir acciones e intenciones humanas (Balée y Erickson, 2006).

[I.c. Los cerritos en su contexto arqueológico:](#)

La elevación de montículos de tierra es un fenómeno ampliamente difundido a nivel regional y nacional con individuos encontrados desde el norte de Uruguay en los Departamentos de Artigas y Rivera, pasando por el centro este con un foco importante en las tierras bajas del Departamento de Tacuarembó y en la CLM (Figura 4) (Bracco, 2006; Bracco et al., 2008; Bonomo et al., 2011;

Castiñeira et al., 2013; Consens, 2001; Gianotti, 2015; Milheira et al., 2017, 2019; Milheira y Gianotti, 2018; Santos, 1965, 1967).

Los montículos de la CLM son también llamados “cerritos de indio” (de ahora en más cerritos). En el sector centro sur de la cuenca su elevación se remonta a ~ 5.500 ¹⁴C aP y su uso ha continuado hasta la actualidad (Bracco et al., 2019a; Cabrera, 2000; Castillo et al., 2001; Gianotti et al., 2023a). Presentan base circular o elíptica con diámetros promedio que oscilan de 35 m a 60 m, ejes mayores que se encuentran entre los 100 y 200 m, y su altura varía de unos pocos decímetros a más de 7 m (Bracco et al., 2011a; Bracco et al., 2015; Gazzan et al., 2022). Se pueden presentar aislados o en agrupaciones (Figura 5) (Bracco et al., 2011a).

Se distribuyen en dos posiciones del paisaje: bañados y colinas (Bracco et al., 2011a).



Figura 4 Regiones donde se encuentran los montículos en el sur de Brasil y el este de Uruguay (tomado de Bracco et al., 2023).

La primera comprende las llanuras medias, aquí los cerritos se ubican en torno a cursos anastomosados que actualmente son de inundación esporádica (Bracco et al., 2021). Tramos de este tipo de cursos como lo son el Estero de Pelotas, India Muerta, San Luis, Cañada Grande y

Estero de la Punta Negra han sido clasificados como corredores biológicos (Gutiérrez et al., 2012).



Figura 5 Conjunto de cerritos del sitio Puntas de San Luis (PSL), departamento de Rocha (tomado de Bracco et al., 2008).

En la segunda se agrupan en lomadas que se adentran en los bañados, en este sector, los arroyos presentan tramos ensanchados en sus cursos y meandros abandonados formando lo que localmente se denominan “lagunas” (Bracco et al., 2021). Estos últimos han sido caracterizados como nodos ecotónicos y el emplazamiento de cerritos en ellos como una estrategia de los grupos humanos que los elevaron para controlar la estructuración de recursos en un territorio determinado (Pintos, 2000).

A pesar de haber sido objeto de estudio durante casi un siglo y medio y haber sido abordados desde distintos marcos teóricos la relación cultura-ambiente aparece como un elemento constante en la arqueología del sureste de Uruguay y ha servido como una de las principales herramientas en la interpretación y explicación del emplazamiento de los cerritos hasta la actualidad (Bracco et al., 2011a). Notablemente desde finales del siglo XIX el emplazamiento de los cerritos y sus características ambientales fueron notados y destacados (ver I.d.). Ya hace casi un siglo Ferrés (1927) realizó varias observaciones sobre los cerritos en el Estero de Pelotas, concluyendo que se trata de plataformas de habitación ubicadas en los “recodos bien pronunciados” de los arroyos donde se reúnen recursos florísticos y faunísticos, y brindan reparo de las inundaciones.

A partir del registro arqueológico se han formulado propuestas acerca del origen y función de los cerritos van desde plataformas de ocupación durante inundaciones, locales funerarios, espacios de importancia ritual, marcadores territoriales, emplazamientos de habitación, lugares de procesamiento y descarte de alimentos, preparación, uso y descarte de distintos instrumentos, quema controlada en forma de fogones y hornos de pozo, soporte para cultivos y sistemas multifuncionales con fines agrícolas (Andrade-Lima y López-Mazz, 1999; Baeza y Panario, 1999;

Bracco et al., 2021; Bracco, 2006; Iriarte, 2006a y b; Bracco et al., 2016; del Puerto, 2015; Duarte et al., 2017; Gianotti et al., 2023 a y b; López-Mazz, 2001). Es importante destacar que todas, algunas o cualquier combinación de estas actividades pueden haberse llevado a cabo a lo largo de la historia de un cerrito.

Dado el rango temporal que abarcan los cerritos (> 5.000 años), y el bajo número intervenido estratigráficamente (N= 23) (Gianotti et al., 2023b), teniendo en cuenta que se estima un total de 1.500 cerritos para el sur del río Cebollatí (Bracco et al., 2000), no es posible hacer generalizaciones acerca de su génesis y función a lo largo de toda su historia (del Puerto et al., 2022). En este apartado se presentan los antecedentes más relevantes de acuerdo al abordaje planteado (ver I.a. y I.b.), a saber, los modos de subsistencia de los grupos que elevaron y ocuparon los cerritos y su relación con la dinámica y evolución del paisaje desde el Holoceno medio (~ 5.000 ¹⁴C años aP).

Los cerritos más antiguos datan de aproximadamente ~ 5.500 años ¹⁴C aP y corresponden a los sitios de Cerro la Viuda (CV) y Rincón de San Luis (RSL) (Bracco et al., 2015). El primero se encuentra cerca de un meandro abandonado del arroyo India Muerta, mientras que el segundo está ubicado cerca del río San Luis, a la altura del Pueblo Paso Barrancas. Aunque estas cronologías indican que la ocupación de estos sitios se produjo durante el *Optimum Climaticum* del Holoceno (del Puerto, 2011a), el establecimiento de cerritos en áreas de alta productividad ha sido interpretado como una estrategia adaptativa frente a condiciones climáticas que comenzaban a volverse más áridas (ver, por ejemplo, Bracco et al., 2011a).

De acuerdo con la secuencia socioambiental desarrollada por del Puerto et al (2016b) se identifican dos grandes períodos caracterizados por modos de subsistencia y condiciones paleoambientales diferentes (del Puerto, 2015; del Puerto et al., 2012; del Puerto et al., 2016b): Holoceno medio a reciente (~ 5.000--~ 3.000/2.500 años ¹⁴C aP) y Holoceno reciente al período histórico (~ 3.000/2.500 – 200 años ¹⁴C aP).

Hacia el Holoceno medio hace ~ 5.000 años ¹⁴C aP comienza una transición a condiciones de mayor aridez y/o marcada estacionalidad. A su vez la configuración del sistema fluvial de la zona para este período era diferente ya que las principales vías de drenaje del sector centro sur de la CLM (ríos Cebollatí y San Luis) aún no se habían entallado o no contaban con la capacidad de carga suficiente como para evacuar el aporte de la cuenca alta del río Cebollatí (Bracco et al., 2012). Todo su aporte volcaría a las llanuras medias (20 msnm), en la región que se ha definido como Localidad Arqueológica India Muerta-Paso Barranca (IMPB) (Figura 6) (*sensu* Bracco et al., 2015), constituyendo a esta como un ecorrefugio (*sensu* Núñez et al., 2013), o sea que concentraba recursos florísticos y faunísticos para grupos los grupos humanos prehispánicos.

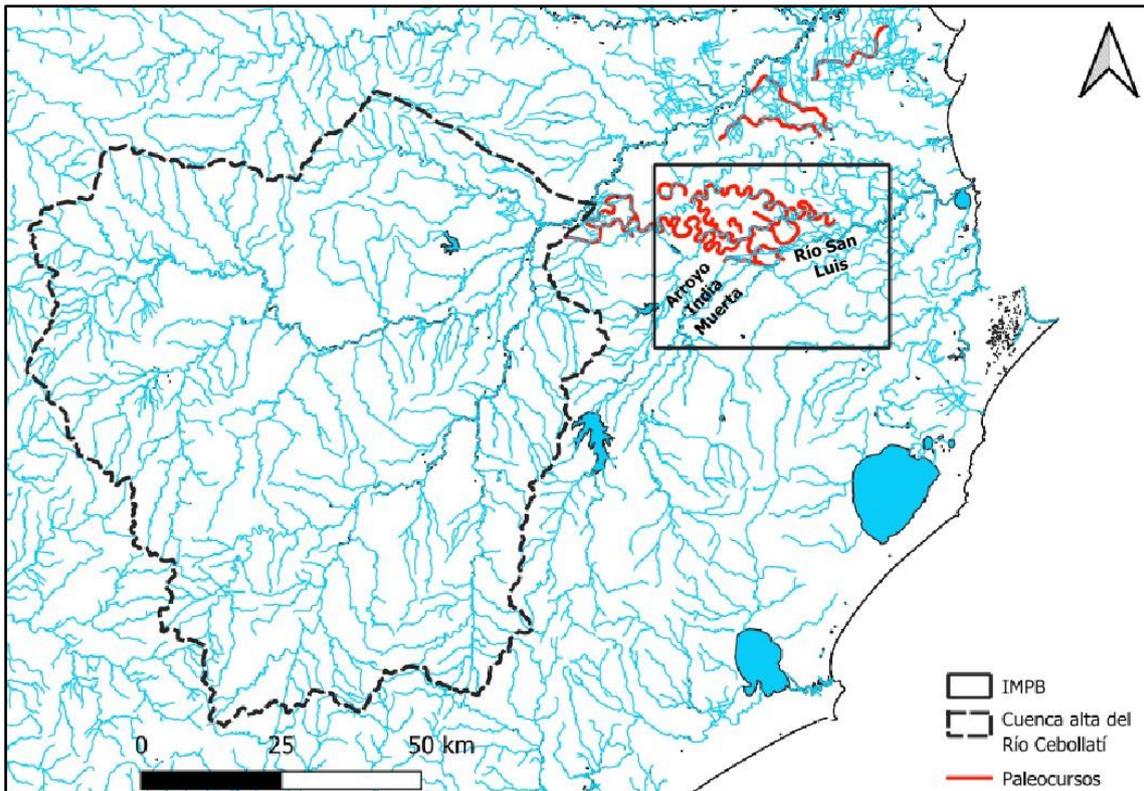


Figura 6 Cuenca alta del río Cebollatí y paleocursos que lo conectan a localidad arqueológica India Muerta-Paso Barranca (IMPB) (redibujado de Montaña y Bossi, 1995).

El registro fitolítico de los cerritos indica la presencia de recursos silvestres como butiá (*Butia odorata*), tiririca (*Cyperus sp.*) y junco (*Scirpus sp.*) hacia el ~ 4.600 años ^{14}C aP (del Puerto e Inda, 2008). También se evidencia los primeros indicios de recursos potencialmente cultivados como el zapallo (*Cucurbita sp.*) (del Puerto e Inda, 2008).

En torno a ~ 4.500 ^{14}C aP se intensifica la elevación de cerritos en zonas de lomadas al mismo tiempo que se registra el mayor pico de aridez del Holoceno medio (Gazzan et al., 2022; del Puerto et al., 2011a). La elevación de cerritos en bordes de lomadas, su concentración, distribución y organización han sido interpretados como parte de una estrategia adaptativa frente este período de mayor aridez (Gazzan et al., 2022).

Los recursos vegetales silvestres documentados en el registro arqueobotánico de los cerritos, así como su uso conforme a fuentes etnohistóricas e históricas (ver del Puerto, 2011b), pueden clasificarse en comunidades xerófilas, mesófilas e hidrófilas (Mazarino, 2023). Al considerar los usos de las especies disponibles en estas comunidades, como: recursos alimenticios, medicinales, combustibles, materiales para la fabricación de implementos domésticos, de construcción, embarcaciones e industriales, se puede organizar las comunidades en función de la cantidad de especies silvestres disponibles (Mazarino, 2023). Las comunidades mesófilas son las más destacadas, con 30 especies, seguidas de las hidrófilas con 27, y, finalmente, las

xerófilas con 11. En la transición entre las lomadas y los bañados, se presenta una sucesión de estas comunidades en un área de apenas unos pocos kilómetros cuadrados, lo que facilita el acceso a recursos vegetales silvestres con una amplia gama de usos.

Entre ~ 4.100 y 3.600 años ^{14}C aP el registro antracológico permitió identificar la presencia de molle (*Anacardiaceae*), quebracho (*Santalaceae*), coronilla (*Rhamnaceae*), guayabo (*Myrtaceae*), ombú (*Phytolacca dioica*), chirca (*Sapindaceae*), espina amarilla (*Berberidaceae*), tala (*Cannabaceae*), curupí (*Euphorbiaceae*), sauce (*Salicaceae*), laurel (*Lauraceae*), mataojo (*Sapotaceae*), rosáceas (*Rosaceae*) y solanáceas (*Solanaceae*) (Inda y del Puerto, 2007).

El análisis conjunto de fitolitos y almidones indica que para ~ 3.600 años ^{14}C aP se habría incorporado el maíz (*Zea mays*), además de otros recursos silvestres como la achira (*Canna sp.*) y pindó (*Syagrus romanzoffiana*). Hacia el final del período se observan evidencias de consumo de poroto (*Phaseolus sp.*) y talia (*Calathea sp.*) (Campos et al. 2001; Iriarte et al. 2001, 2005; López-Mazz et al. 2014).

El registro arqueofaunístico para este período indica en palabras de Pintos (2000) que si se considera el espectro de vertebrados disponibles se puede decir gruesamente “que, de lo comible, comieron todo” (Pintos, 2000: 253), en especial el “complejo cérvido” integrado por ciervo de los pantanos (*Blastocerus dichotomus*), venado de campo (*Ozotoceros bezoarticus*) y guazubirá (*Subulo gouazoubira*). Si bien el registro arqueofaunístico evidencia el aprovechamiento de un amplio espectro de especies de mamíferos y peces (al respecto ver Bica, 2020; Cabrera et al., 2000; González-Venazi, 1999; Iriarte, 2003; López-Mazz et al., 2022; López-Mazz y Castiñeira, 2001; Moreno, 2003; Moreno, 2014; Pintos, 2001), según Moreno (2014) el venado de campo (*Ozotoceros bezoarticus*) se mantiene como el elemento de aporte cárnico más importante durante los últimos ~ 3.000 años ^{14}C aP hasta el contacto europeo.

Desde ~ 3.000 años ^{14}C aP se registra una expansión de los cerritos a cotas más bajas y planicies litorales, junto con el establecimiento de condiciones climáticas similares a las actuales y la dulcificación de los bañados previamente salobres (Bracco et al., 2011a, 2016; del Puerto, 2015).

Para el Holoceno reciente ~ 2.500 años ^{14}C aP comienzan a instalarse condiciones climáticas similares a las actuales. Para este momento los ríos Cebollatí y San Luis se habrían entallado, capturando el aporte de la cuenca alta del río Cebollatí (Bracco et al., 2012). La disminución del aporte de agua de la cuenca alta del río Cebollatí se habría compensado con el aumento de la precipitación de manera que desde el Holoceno medio las planicies medias del sector centro sur de la CLM habrían mantenido un ambiente de bañado incluso en condiciones de mayor aridez (Bracco et al., 2016).

Se continúa observando la presencia de recursos cultivados en el registro fitolítico, a los que se les suma evidencias de manejo de recursos vegetales silvestres como oryzáceas, palmeras, bromeliáceas, cannáceas, ciperáceas, cucurbitáceas y dicotiledóneas leñosas (del Puerto et al., 2016b).

Entre ~ 1.700 y 1.100 años ¹⁴C AP se continúan observando taxones identificados en cronologías anteriores incluyendo recursos cultivados como el maíz y el poroto, fuerte presencia de palmeras pindó y butiá, y totora (*Thypha sp.*) (del Puerto et al., 2016b; Suárez, 2018).

A partir de ~ 1.000 años ¹⁴C aP se observan las primeras evidencias del desarrollo de estrategias productivas agrícolas que van más allá del huerto doméstico (del Puerto, 2015). La presencia de fitolitos de maíz en las costas de la Laguna Negra en estas cronologías podría estar indicando el aprovechamiento del aporte de nutrientes y agua de la laguna para su cultivo (del Puerto, 2015). Esto no implica que no haya habido prácticas productivas en base a recursos domesticados previamente, sino una intensificación en la productividad y el rol que jugaron en la dieta (del Puerto, 2015).

En un ambiente altamente productivo como lo han sido desde el Holoceno medio y siguen siendo los bañados del sector centro sur de la CLM el emplazamiento y las relaciones espaciales entre los cerritos y de estos con los elementos del paisaje corresponde a las distancias y los arreglos sociales mantenidos y reproducidos por los actores que los elevaron y ocuparon (Bracco et al., 2015).

Más allá de su función y en qué orden se hayan dados las distintas actividades desarrolladas en ellos hoy en día los cerritos cuentan con rasgos edáficos, florísticos y faunísticos propios que los diferencian de la matriz en la que se emplazan, los cuales fueron notadas por los investigadores desde finales del siglo XIX. Por ejemplo, Bauzá (1895) destaca para los cerritos de la zona San Luis la presencia de “tierra roja quemada, a manera de ladrillos o adobes” (Bauzá, 1985: 133) en su matriz sedimentaria que se intercala con niveles de polvo negro y que por lo general están cubiertos de talas (*Celtis tala*), coronillas (*Scutia buxifolia*) o palmeras.

I.d. Los cerritos como parches:

I.d.a. Propiedades Edáficas:

Las investigaciones más recientes se han centrado en la génesis y crecimiento de los cerritos, prestando especial atención a los elementos acumulados como sedimentos y objetos descartados, que integran desechos de actividad humana, así como enterramientos humanos y animales (Bracco et al., 2015; Iriarte, 2003; López-Mazz, 2001; López-Mazz et al., 2017; Milheira y Gianotti, 2018; Schmitz, 1976).

En las últimas décadas se ha avanzado de forma significativa en la caracterización de la matriz sedimentaria de los cerritos. Si bien la representatividad de los resultados reportados es limitada, ciertas características texturales y geoquímicas son recurrentes.

Se han identificado grandes cantidades de tierra quemada que puede representar hasta un 30% de la matriz del cerrito, con importante presencia de fragmentos quemados de hormigueros, los cuales pueden alcanzar hasta un 80% de la tierra quemada (Bracco et al., 2019a, 2023; del

Puerto et al., 2022; Castiñeira et al., 2015; Duarte y Bracco, 2021). La tierra quemada se encuentra principalmente en la fracción gravilla lo que hace del cerrito una estructura relativamente porosa. La presencia del fuego en los procesos de elevación también ha sido evidenciada en los espectros termoluminiscentes de la matriz (Bracco et al., 2019a, b, c; 2020, 2023; Duarte et al., 2017).

Se han realizado dataciones por TLD y OSL que presentan un blanqueo simultáneo, dadas las propiedades de las técnicas esto apunta a un blanqueo por calor que alcanzó entre 350 a 380 °C (Bracco et al., 2020; Duarte et al., 2017).

Los análisis geoquímicos han aportado evidencia acerca de rasgos distintivos de los cerritos, en términos generales se observa un enriquecimiento de nutrientes respecto a los suelos circundantes (Bracco et al., 2019a, del Puerto et al., 2022; Durán, 1990; Iriarte, 2003).

Los niveles de fósforo disponible (Pd) pueden alcanzar las 4.000 ppm, muy por encima de los suelos naturales que en su extremo inferior rondan las 4 ppm, observándose también un enriquecimiento en bases de intercambio (Ca, Mg, K, Zn) (Bracco y Ures, 2001; Bracco et al., 2019a; del Puerto et al., 2022; Durán, 1990; Iriarte, 2003). Por otro lado, los análisis elementales (Al, Si, P, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Sr, Zr, Ba) por XRF (X-ray fluorescence) de un cerrito del sitio García-Ricci (GR) indicaron una alta variabilidad vertical (Bracco et al., 2019a).

A partir de análisis de Pd en el sitio Puntas de San Luis (PSL) Bracco y Ures (2001) identificaron patrones consistentes con un proceso de “faldeo” de los cerritos, sin embargo, las zonas entre cerritos no mostraron diferencias significativas (Bracco y Ures, 2001). Esto apuntaría a que la influencia de las propiedades edáficas de los cerritos se extendería poco más allá de sus límites conformando parches acotados y bien delimitados.

El contenido de materia orgánica (MO) ha sido uno de los parámetros más analizados en la matriz sedimentaria de los cerritos. La MO es un parámetro altamente variable, generalmente se encuentra por encima de los suelos naturales, aunque en algunos casos puede ser más baja (Bracco et al., 2019a; Castiñeira y Piñeiro, 2000; del Puerto et al., 2022; Durán, 1990; Iriarte, 2003).

Los altos niveles de Pd en comparación con los relativamente bajos niveles de MO han sido interpretados como degradación de esta por el fuego (Bracco et al., 2019a). Cabe destacar que evidencias del fuego en la elevación de los cerritos han sido identificadas también para la región noreste, en el Departamento de Tacuarembó, en forma de MO pirogénica derivada de la quema de vegetación herbácea (Kaal et al., 2019).

El pH se presenta como levemente ácido en la cima pasando a básico hacia la base (Bracco et al., 2019a; del Puerto et al., 2022; Durán, 1990; Iriarte, 2003).

Por último, investigaciones recientes (del Puerto et al., 2022) han logrado no sólo relevar las propiedades edáficas de los cerritos, sino que también han logrado clasificarlos dentro de una taxonomía de arqueo-antrosoles. A partir del análisis de tres cerritos del sitio La Tapera (LT) se identificó una secuencia edáfica, comenzando con un nivel prótico-ebónico-mesotrófico-mésico, correspondiente a las unidades basales de los cerritos, otro proto-cultural-grisáceo-dístrico-léptico, que corresponde a las unidades de sedimento termoalterado y material cultural, y por

último un hórtico-cultural-ebónico-éutrico-cumúlico (del Puerto et al., 2022). Estos últimos se ubican al tope de los cerritos y presentan una alta concentración de nutrientes.

I.d.b. La vegetación de los cerritos:

En 1892 Arechavaleta realiza las primeras observaciones para los cerritos de la zona de San Luis, afirma que en épocas de inundaciones excepcionales la única continuidad en el terreno la da alguna que otra colina de poca elevación y los cerritos construidos por los indígenas. En estos casos tanto el ganado como los habitantes de la zona buscan refugio en ellos construyendo allí sus viviendas (Arechavaleta, 1892).

A su vez destaca la frondosidad, diversidad y abundancia de la flora que sustentan estos cerritos. Distingue un grupo coronado por palmas, que se diferencia de los dominados por frondosos árboles, caracterizando estos últimos como grandes manchas verdes sobresalientes en el fondo del palmar (Arechavaleta, 1892). Es gracias a estar poblados por árboles que ofrecen cobijo de los rayos del sol, y son entonces refugios para los animales en las horas calurosas del día, tanto ovinos como bovinos (Arechavaleta, 1892).

Cabe aclarar que si bien Arechavaleta (1892) no menciona específicamente el tipo palmas que crecen en los cerritos, estudios más recientes en los sitios La Tapera (LT), Los Huesos (LH) y Los Talitas (LTI) han identificado las palmas que crecen en ellos como *Butia odorata* (Gianotti et al., 2023a).

Es también gracias a su elevación que todos los animales encuentran en ellos terreno seco durante el invierno cuando el bañado se encuentra generalmente anegado. Según Arechavaleta (1892) los cerritos se destacan a modo de islas, o especies de oasis llenos de verdor y frescura. Aún hoy en día muchos lugareños continúan refiriéndose a los cerritos como “islas” (del Puerto et al., 2016a).

Las prácticas de manejo del paisaje multigeneracionales desarrolladas por los grupos humanos desde el Holoceno medio hasta el pasado reciente resultaron en un sustrato topográficamente más alto, poroso y diferente al de la matriz. En el medio de una planicie de inundación estos lugares se presentan como muy favorables para animales y humanos (Bracco et al., 2019a).

A nivel del paisaje de las tierras bajas del este, los cerritos forman islas boscosas (Figura 7) que concentran especies arbóreas que se encuentran más dispersas en la matriz de los bañados. Algunas de las especies ya identificadas incluyen: ombú (*Phytolacca dioica*), tala y coronilla, y familias *Rosaceae* y *Fabaceae*, sub-familia *Mimosoideae* (Bracco et al., 2021; Inda y del Puerto, 2007; Panario, 1994).

Un estudio reciente (del Puerto et al., 2023) apuntó a caracterizar la vegetación que sustentan los cerritos del sector centro sur de la Cuenca de la Laguna Merin tanto en el estrato superior como herbáceo en los sitios Puntas de San Luis (PSL), García-Ricci (GR), La Tapera (LT) y Los Ajos (LA), abarcando un total de 25 cerritos.

En cuanto al estrato herbáceo, en los cerritos con cobertura arbórea total, este estrato es discontinuo y dominado por *Poaceae*, *Convolvulaceae*, *Commelinaceae* y *Cyperaceae*. Entre las especies más frecuentes enumeradas están *Bromus brachyanthera*, *B. catharticus* y *Oplismenus hirtellus* (*Poaceae*), *Dichondra microcálix* (*Convolvulaceae*), *Commelina difusa* y *Tradescantia* sp. (*Commelinaceae*), *Carex sellowiana* y *C. sororia* (*Cyperaceae*) (del Puerto et al., 2023).

Para los cerritos con cobertura arbórea parcial, la capa herbácea está dominada por otras gramíneas como *Cynodon dactylon* y *Paspalum dilatatum*, otras hierbas de *Apiaceae* (*Eryngium* sp.), *Asteraceae* (*Baccharis trimera*, *Cirsium vulgare* y *Conyza bonariensis*) y solanáceas (*Solanum chenopodioides*, *S. commersonii* y *S. nodiflorum*) (del Puerto et al., 2023).

En los estratos arbóreos se identifican: sombra de toro (*Jodina rhombifolia*), arrayán (*Blepharocalyx salicifolius*), chal-chal (*Allophylus edulis*) y las especies ya identificadas en estudios previos (del Puerto et al., 2023).

Una alta rotación de especies arbustivas también se observa entre cerritos individuales o conjuntos, aunque esta capa generalmente está dominada por *Daphnopsis racemosa* y *Cestrum parqui* (del Puerto et al., 2023).

Cuando se compara la vegetación de los cerritos con los montes naturales propios de la región se observa que montes de lomadas y sierras presentan valores de riqueza y diversidad intermedios. Teniendo en cuenta esto y la composición de los montes que crecen en los cerritos se observa que estos no tienen un análogo en los montes naturales de la zona. Incluso en cerritos que presentan un dosel denso y continuo hasta el monte ripario como es el caso del sitio García-Ricci (GR), se observan composiciones distintas (del Puerto et al., 2023). Gracias a que representan un estrato más alto tienden a presentar especies xerófilas y/o mesófilas, con ausencia total de las especies hidrófilas propias de la matriz (del Puerto et al., 2023).



Figura 7 Conjuntos de ombúes y coronillas en cerritos del sitio García-Ricci (GR).

I.d.c. La fauna de los cerritos:

Dadas sus características edáficas, topográficas y florísticas, los cerritos se presentan como parches de hábitat o refugio ideales no solo para el ganado, sino también para diversas especies de animales silvestres. Estas características han convertido a los cerritos en áreas de gran importancia ecológica, proporcionando recursos esenciales para la biodiversidad local.

El uso de los cerritos como hábitat para ciertas especies fue registrado por los primeros investigadores a finales del siglo XIX. Arechavaleta (1892) destaca la densidad de la ocupación del tatú peludo (*Euphractus sexcinctus*), indicada por las abundantes madrigueras observadas en la superficie. Este hallazgo subraya la capacidad de los cerritos para soportar poblaciones significativas de fauna silvestre, creando microhábitats que favorecen la supervivencia y reproducción de estas especies.

Aunque la información sobre la fauna que habita en los cerritos es escasa, algunas aproximaciones iniciales han permitido conocer ciertos aspectos de la biodiversidad sustentada por estos parches de hábitat.

Los primeros estudios sistemáticos en esta línea fueron llevados a cabo por un equipo interdisciplinario del Centro Universitario Regional del Este, Universidad de la República (Gianotti et al., 2023a). Mediante cámaras trampa se ha relevado una presencia significativa de: zorro

gris (*Lycalopex griseus*)¹, zorro perro (*Cerdocyon thous*), lagarto overo (*Salvator merianae*), gato montés melánico (*Leopardus geoffroyi*) y mulitas (*Dasypus hybridus*) (Gianotti et al., 2023a). Estas especies encuentran en los cerritos un entorno favorable para establecer sus madrigueras y refugiarse de los depredadores y las inclemencias del tiempo.

Recientemente Gianotti et al (2023a) presentaron una recopilación de más de 50 años de relatos orales de cazadores de nutria (*Myocastor coypus*) que utilizaron los cerritos como campamentos de caza. Según los autores esta práctica común en los humedales del sureste de Uruguay previo al drenado de los bañados a partir de 1980 se realizaba en embarcaciones. Si bien Gianotti et al (2023a) no enumeran a la nutria como una de las especies identificadas como habitante de los cerritos, es posible que en un bañado que debía ser atravesado mediante embarcación, la nutria encontrara en los cerritos un lugar óptimo para construir sus madrigueras.

Además de mamíferos y reptiles, los cerritos también soportan una gran variedad de aves. Algunas de las especies registradas incluyen: martín pescador chico (*Chloroceryle americana*) y espátula rosada (*Platalea ajaja*) (Gianotti et al., 2023a). Estas aves utilizan los cerritos no solo como refugio sino también como áreas de reproducción. La diversidad de vegetación y la estructura del terreno proporcionan sitios adecuados para anidar y criar a sus polluelos². La presencia de aves es un indicador de la salud ecológica de los cerritos y destaca su importancia como refugios biológicos.

I.c.d. Impacto de las propiedades de los cerritos:

Las propiedades edáficas y topográficas constituyen a los cerritos como parches ambientales con vegetación diferencial, que propician un incremento de la biodiversidad. A su vez dados sus altos niveles de fertilidad, los cerritos han sido procurados hasta momentos recientes como parcela de cultivo, refugio para el ganado, residencias humanas y campamentos de caza (Bracco et al., 2019a; Cabrera, 2000; Castillo et al., 2001; Gianotti et al., 2023a; del Puerto et al., 2022).

Es posible afirmar que la elevación de cerritos desde el Holoceno medio ha introducido perturbaciones en los patrones criptosistémicos de su punto de emplazamiento, por ejemplo: pH, textura, concentración y disponibilidad de nutrientes. A su vez los patrones de riqueza, diversidad y presencia/ausencia de ciertas especies sobre los cerritos responde a las propiedades que fueron introducidas por diversas actividades humanas (entre otros factores) en períodos de miles de años.

¹ Ecólogo Joaquín Aldabe en: “Cerritos de indios / 3 / Biodiversidad”, Autor: Laboratorio de Arqueología del Paisaje y Patrimonio del Uruguay. Video subido el 22 jul 2020 a la plataforma YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=cPV2NfUjhIM&t=300s>); consultado el 31/7/2021.

² Ecólogo Joaquín Aldabe en: “Cerritos de indios / 3 / Biodiversidad”, Autor: Laboratorio de Arqueología del Paisaje y Patrimonio del Uruguay. Video subido el 22 jul 2020 a la plataforma YouTube (<https://www.youtube.com/watch?v=cPV2NfUjhIM&t=300s>); consultado el 31/7/2021.

Por lo tanto, el fenosistema o el componente directamente observable del paisaje es construido por su historial de perturbaciones y es la configuración que ordena los procesos y funciones en un momento dado. Esta herencia ecológica habría facilitado la producción y reproducción de los modos de subsistencia que las generaron, introduciendo modificaciones en la distribución y circulación de la biota (Bracco et al., 2019a).

II. Hipótesis:

Las estrategias adaptativas desarrolladas por los grupos humanos prehispánicos s del sector centro-sur de la CLM frente a los cambios ambientales del Holoceno medio, han introducido perturbaciones en la matriz del paisaje en la forma de cerritos, de manera tal que desde el inicio de su elevación hace 5.500 años ¹⁴CaP y hasta el presente constituyen elementos estructurales y funcionales del paisaje, jugando un rol fundamental en la dinámica cultural y ambiental de la zona.

III. Objetivos:

III.a. General:

Este trabajo tiene por objetivo identificar las relaciones de los cerritos de indio con los procesos y patrones del paisaje, para contribuir al conocimiento, valoración y conservación de los paisajes bioculturales del sureste de Uruguay desde una aproximación conceptual y metodológica que permita trascender la dicotomía humano/ambiente.

III.b. Específicos:

1. Caracterizar a los cerritos de indio como parche, sus conexiones y relación con los corredores.
2. Determinar la distribución espacial de los cerritos de indio respecto a variables paisajísticas.
3. Identificar los cambios en la distribución de los corredores a partir de una reconstrucción paleohidrológica de la zona de estudio.
4. Evaluar la percepción social y uso actual de estos parches a través de entrevistas con pobladores de la zona.

IV. Materiales y Métodos:

IV.a. Estrategia de investigación:

La CLM ha sido impactada por la expansión agroindustrial, resultando en la fragmentación de ecosistemas lo que amenaza la biodiversidad y la resiliencia de los sistemas naturales. Por lo tanto, se requieren políticas de gestión ambiental efectivas que integren diversas áreas del conocimiento científico.

En este contexto, la arqueología de los cerritos proporciona una perspectiva histórica que ayuda a entender los procesos ambientales actuales y las interacciones humanas con el entorno. Estas contribuciones son fundamentales para iniciativas de conservación de la biodiversidad, como se expone en las secciones I.c y I.d.

El enfoque de la Ecología del Paisaje (EP), descrito en I.b, introduce conceptos clave como parches, corredores y conectores, permitiendo ver los cerritos no solo como elementos aislados, sino como componentes de una red más amplia. Al considerar los cerritos como parches dentro de un mosaico paisajístico, se pueden implementar estrategias de gestión que fomenten la resiliencia de los ecosistemas.

La hipótesis formulada se apoya en estas herramientas conceptuales, lo que la alinea con el marco teórico y permite abordar las problemáticas ambientales descritas en I.a. El objetivo general de esta tesis establece la meta de investigación, mientras que los objetivos específicos (OE) desglosan esta meta en tareas concretas que guían el desarrollo de la investigación.

Aunque se llevaron a cabo actividades y análisis orientados a objetivos específicos, el enfoque holístico del marco teórico y la naturaleza del problema de investigación permiten que los resultados de estas diversas actividades contribuyan a más de un OE. Por lo tanto, es más adecuado estructurar la estrategia de investigación en fases, en lugar de restringirla a objetivos concretos.

Selección de la zona de estudio

Se seleccionó la Localidad Arqueológica India Muerta-Paso Barranca (IMPB) como zona de estudio debido a su relevancia arqueológica, destacada por un conjunto significativo de cerritos (ver IV.c.) que permite explorar las interacciones históricas entre grupos humanos y su entorno. Esta riqueza de evidencias es fundamental para entender cómo estas dinámicas han moldeado el paisaje.

Ubicada en un área con notable diversidad ecológica (ver IV.d.), IMPB ofrece la oportunidad de analizar el papel de los cerritos como parches en un mosaico paisajístico, crucial para investigar la conectividad ecológica y la conservación de la biodiversidad en contextos fragmentados.

La región también ha sido impactada por la actividad agroindustrial, lo que ha provocado fragmentación de ecosistemas. Esto hace que la localidad sea un escenario adecuado para evaluar cómo las perturbaciones humanas afectan la estructura ecológica.

Etapa 1: Compilación de datos geoespaciales

La recopilación de datos geoespaciales es esencial para reunir información sobre los cerritos y su entorno, permitiendo identificar y analizar características clave del paisaje, como geomorfología, hidrografía, tipo de suelo y cobertura vegetal, y así establecer una base sólida para la caracterización de la zona de estudio (IV.d.). Este proceso inicia con la recopilación de datos en un sistema de información geográfica (SIG), que proporciona coordenadas precisas de los cerritos y su ubicación.

La integración de imágenes satelitales y datos vectoriales facilita la visualización del entorno y la relación de los cerritos con elementos del ecosistema, como ríos y áreas de inundación. Esta herramienta permite crear matrices que se emplean en técnicas estadísticas y análisis espaciales, como la distribución y el modelado de correlaciones (ver IV.b.).

Etapa 2: Análisis cuantitativos

Análisis de Ordenación, Agrupación y Similitud

Esta etapa apunta a identificar las variables paisajísticas asociadas con la presencia de los cerritos de indio, los análisis ejecutados (IV.b.b.a.) apuntan a reducir la dimensionalidad y facilitar la interpretación de relaciones entre múltiples variables.

Estos análisis son fundamentales para comprender la influencia de las variables paisajísticas en la distribución de los cerritos y sientan las bases para análisis más específicos. Esta etapa se centra en el OE 2 de la tesis, pero también contribuye a los OE 1 y 3 al contextualizar la distribución de los cerritos en el paisaje y paleocauces.

Análisis de patrones distribución

Los análisis realizados (IV.b.b.b.) ofrecen un enfoque cuantitativo que enriquece la comprensión de las relaciones entre los cerritos y su paisaje. Permiten: identificar patrones de agrupamiento que reflejan la configuración de los cerritos como una red en el paisaje, cómo se conectan entre sí y la importancia de cada cerrito dentro de la red de parches

Al examinar a los cerritos como parches que integran una red, se puede evaluar su función dentro de un mosaico paisajístico más amplio, lo que es fundamental para entender su impacto en la conectividad ecológica y su papel como elementos estructurales-funcionales del paisaje, abordando los OE 1 y 2.

Modelo Lineal Generalizado

El Modelo Lineal Generalizado (MLG) analiza la relación entre la cantidad de cerritos y diversas variables paisajísticas, lo que facilita la comprensión de cómo estos factores influyen en su distribución y cantidad. Antes de aplicar el Modelo Lineal Generalizado (MLG), se realizaron análisis descriptivos que reducen la dimensionalidad de los datos y seleccionan las variables

más relevantes. Estos análisis preliminares garantizan que el Modelo Lineal Generalizado (MLG) se fundamenta en variables que ofrecen información valiosa sobre la variabilidad de los datos.

Al cuantificar cómo estas variables se correlacionan con los factores paisajísticos, el Modelo Lineal Generalizado (MLG) enriquece la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y el medio ambiente, contribuyendo así al OE 1. Este enfoque no solo profundiza en el entendimiento de la dinámica ecológica, sino que también proporciona una base sólida para la toma de decisiones en la gestión y conservación de los ecosistemas.

Evolución del Sistema Fluvial

En este apartado se reconstruye la evolución hidrológica de la zona de estudio para comprender los cambios históricos en el sistema fluvial de la CLM y su influencia en la dinámica de los cerritos y la ecología local. Esta evolución proporciona información sobre la disponibilidad de recursos y la configuración del paisaje, fundamentales para analizar las interacciones humano-ambiente.

Las técnicas implementadas contribuyen al OE 3, que busca identificar cambios en la distribución de corredores. Comprender estas dinámicas es esencial para evaluar la resiliencia del ecosistema frente a futuros cambios ambientales y para contextualizar los patrones de distribución de los cerritos en relación con dichos cambios.

Etapas 3: Análisis cualitativos

Este apartado es clave en la investigación, se enfoca en la percepción y valor cultural de los cerritos entre las comunidades locales. Se busca comprender cómo los pobladores interactúan con los cerritos y elementos del paisaje y su significado contemporáneo. A través de entrevistas a informantes clave, se recopila información sobre usos actuales y prácticas relacionadas con los cerritos, como su función como refugios para ganado y su importancia cultural.

Este análisis contribuye al OE 4, evaluando el uso actual y la percepción social de los cerritos. Integrando las voces de la comunidad con los resultados alcanzados en otras etapas, se fomenta un enfoque holístico que integra la perspectiva de poblaciones locales y revela distintas formas de interactuar con esta herencia ecológica y cultural.

IV.b. Área de Estudio: Localidad Arqueológica India Muerta-Paso Barranca:

La localidad arqueológica IMPB es parte de la CLM, específicamente su sector centro-sur. Se extiende desde el curso medio del arroyo India Muerta al oeste, a las nacientes del río San Luis al este y desde las nacientes del arroyo Pelotas al norte, hasta la sierra de Los Ajos al sur con un área aproximada de 1386 km² (Bracco et al., 2015). Comprende los humedales del extremo oeste del estero del Pelotas, el extremo norte de los bañados de San Miguel y de Isla Negra y el bañado de India Muerta en su totalidad, los cuales forman parte del sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera (Barreneche y Zarucki, 2017a) (Figura 8).

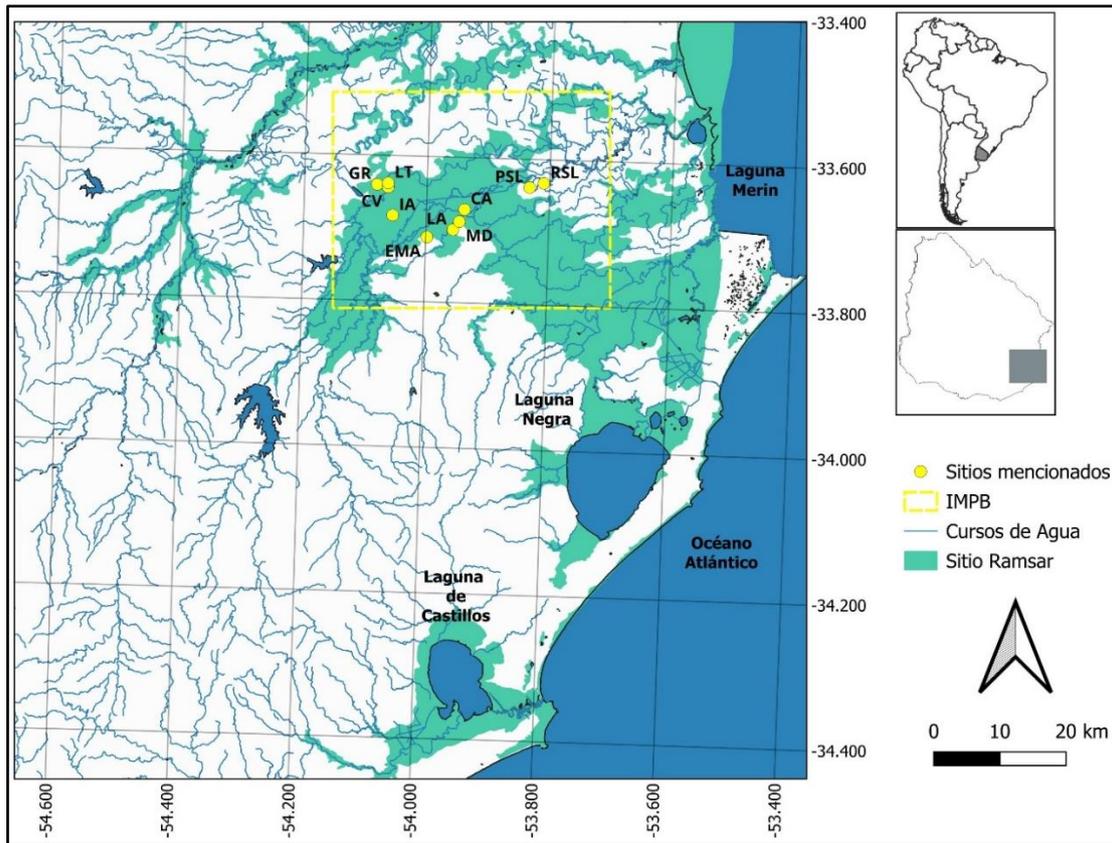


Figura 8 Localidad arqueología India Muerta-Paso Barranca: IMPB; Sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera: Sitio Ramsar; Sitios mencionados: Campo Alto (CA), Cerro la Viuda (CV), Estancia Mal Abrigo (EMA), García-Ricci (GR), Isla de Alberto (IA), Los Ajos (LA), Los Huesos (LH), La Tapera (LT), Los Talitas (LTI), Martínez Damonte (MD), Puntas de San Luis (PSL), Rincón de San Luis (RSL).

Desde el punto de vista arqueológico se destaca al reunir ~ 1060 cerritos (66,6%) (ver Bracco et al., 2015; Gazzan et al., 2022, y IV.c.) de un total de 1.500 estimados para el sur del Río Cebollatí (Bracco et al., 2000). Contiene los cerritos más altos como lo son Cerro de la Viuda (CV) con 7,2 m e Isla de Alberto (IA) con 6,4 m. También se encuentran los cerritos más antiguos como lo son Cerro de la Viuda (CV) y Rincón de San Luis (RSL) con 5.420 ± 260 y 5400 ± 140 años ^{14}C aP respectivamente, y las agrupaciones más numerosas, como el sitio Campo Alto (CA) con 57 cerritos (Bracco et al., 2015).

IV.c. Información de base:

Se generó un ambiente de trabajo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en QGIS 3.34.2 incorporando información de dos fuentes:

- 1- Arqueológicas: centroides para los cerritos de indio en IMPB (Bracco 2019, comunicación personal, de ahora en más Bracco (2019); Gazzan et al., 2022).

- 2- Paisajísticas: hidrografía (incluyendo paleocauces), formaciones geológicas (Fm), geomorfológicas, edáficas, formaciones vegetales (FV), bio-subzonas (BZ) y corredores biológicos (Barreneche y Zarucki, 2017a; Brazeiro et al., 2008b, 2012, CONEAT, 1979; Céspedes, 1995; Gutiérrez et al., 2012; Montaña y Bossi, 1995; Panario et al., 2015; Sombroek, 1969).

La información arqueológica sobre la distribución de los cerritos proviene de dos bases de datos: Bracco (2019) y Gazzan et al (2022).

Bracco (2019) construyó una base de 638 cerritos a partir del relevamiento de fotografías aéreas, imágenes satelitales y relevamiento en campo para la zona de IMPB (aproximadamente 1.386 km²). Por su parte Gazzan et al (2022) abordaron un área menor dentro de IMPB que denominan India Muerta (IM), esta área comprende aproximadamente 386 km², a partir de fotografías aéreas, imágenes satelitales y relevamiento en campo identificando 671 cerritos.

Las diferencias en el número de cerritos identificados respecto al área cubierta pueden deberse a los distintos factores que condicionan una prospección arqueológica, y la identificación de los sitios (Schiffer et al., 1978):

- Abundancia y agrupamiento: frecuencia y prevalencia de los sitios, y grado de agregación.
- Obstrusividad: grado de variabilidad por el que los sitios pueden ser descubiertos por distintas técnicas.
- Visibilidad: variabilidad introducida por el ambiente por la cual un sitio puede ser detectado por un observador.
- Accesibilidad: variabilidad en el esfuerzo requerido para alcanzar un lugar determinado.

Se observan diferencias significativas entre ambas bases de datos, principalmente el número de cerritos identificados en relación a la superficie relevada.

Para evaluar estas diferencias se seleccionaron cuatro sectores de 2 km² cada uno (Figura 9) dentro del área de estudio compartida por ambas bases. Dos de estos sectores corresponden a los sitios Los Ajos (LA) y Campo Alto (CA), ubicados en lomadas, los otros dos corresponden a agrupamientos de cerritos en planicies. Se mapearon y compararon los cerritos identificados en cada sector por ambas bases de datos (Figura 10).

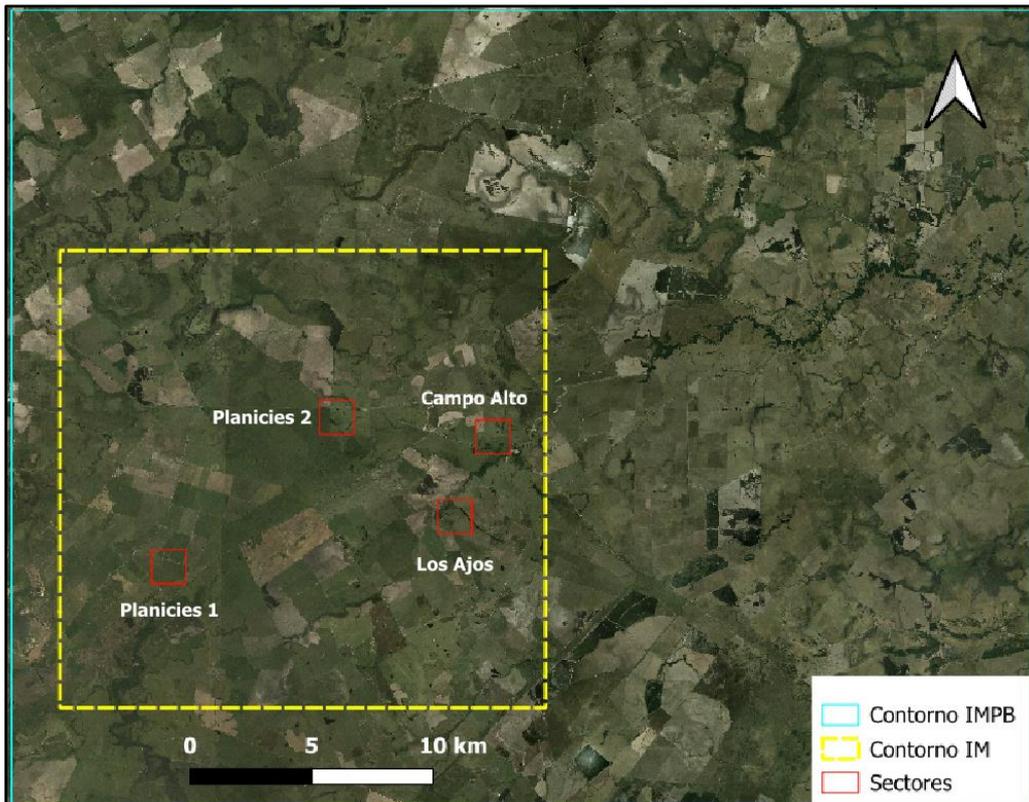


Figura 9 IMPB: India Muerta-Paso Barranca, IM: India Muerta y sectores comparados en las bases de datos (Bracco, 2019; Gazzan et al., 2022). Mapa base: Ortoimágenes 2017-2018 (IDEuy)³.

³ Todos los mapas de base utilizados son Ortoimágenes 2017-2018, fuente: Infraestructura de Datos Espaciales - IDEUY) - <https://www.gub.uy/infraestructura-datos-espaciales/geoservicios-ideuy->

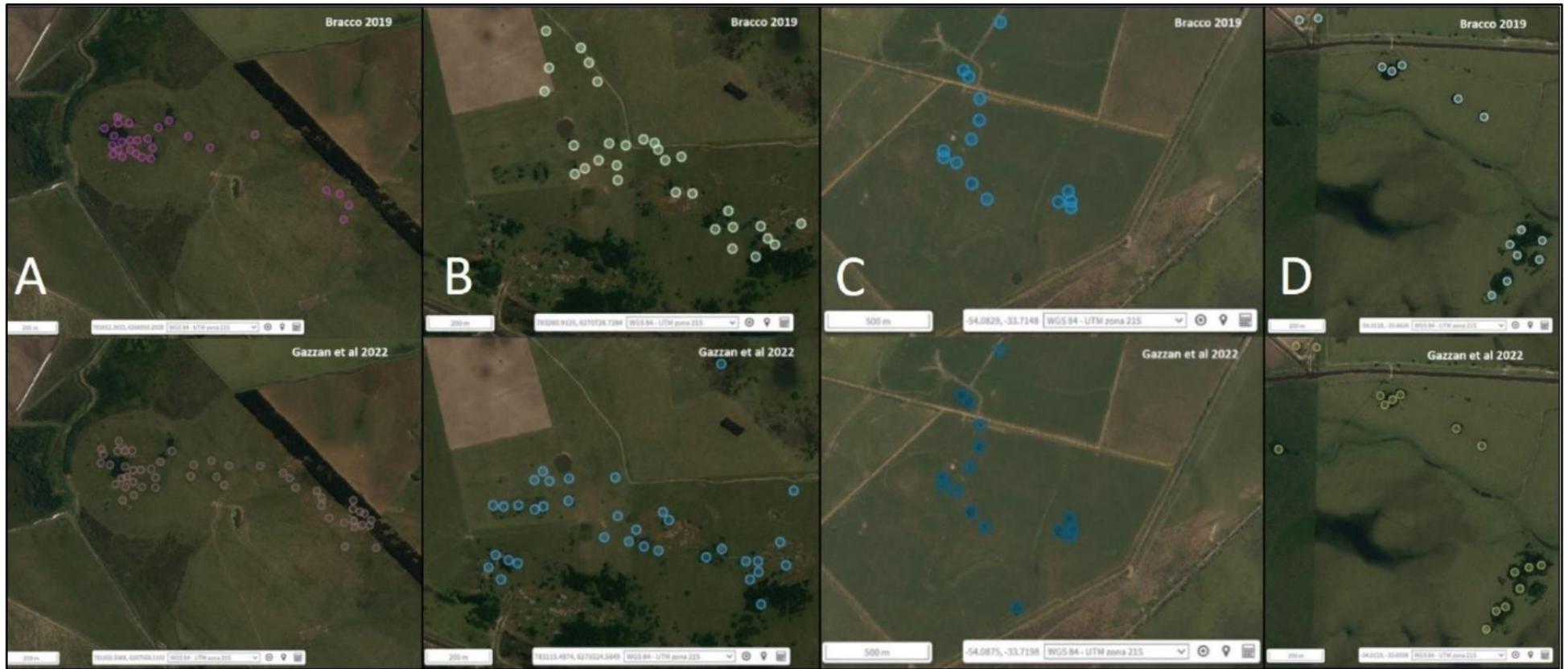


Figura 10 A: Cerritos identificados en el sitio Los Ajos (LA), B: Cerritos identificados en el sitio Campo Alto (CA), C: Cerritos identificados en el sector de Planicies 1, D: Cerritos identificados en el sector de Planicies 2.

La diferencia en el número de cerritos identificados en cada base de datos es notable para los sitios de lomadas, mientras que los sitios de planicies presentan cantidades similares (Tabla 1).

Tabla 1 Números de cerritos identificados para cada sector.

Sector	Cerritos (n)	Cerritos (n)
	Bracco (2019)	Gazzan et al (2022)
Los Ajos	27	50
Campo Alto	30	35
Planicies 1	15	16
Planicies 2	14	16

Al comparar la distribución de los cerritos respecto a la geomorfología, geología y vegetación de la zona también se observa una diferencia significativa (Figuras 11 a 13).

Respecto a las zonas geomorfológicas la base de datos de Gazzan et al (2022) presenta una mayor concentración de cerritos en zonas altas, mientras que la base de datos de Bracco (2019) se diferencia al presentar una mayor concentración en planicies medias.

Una tendencia similar se observa en la distribución respecto a las formaciones geológicas. La base de datos de Gazzan et al (2022) presenta una mayor concentración en la Fm Puerto Gómez, de origen ígneo-volcánico y que ocupa cotas más altas que las formaciones sedimentarias. En comparación la base de datos de Bracco (2019) presenta una mayor concentración en Fm Dolores de origen sedimentario.

Por último, se comparó la distribución de ambas bases respecto a la vegetación. Si bien aquí la diferencia no es tan marcada se puede observar una mayor concentración de los cerritos identificados por Bracco (2019) sobre palmares.

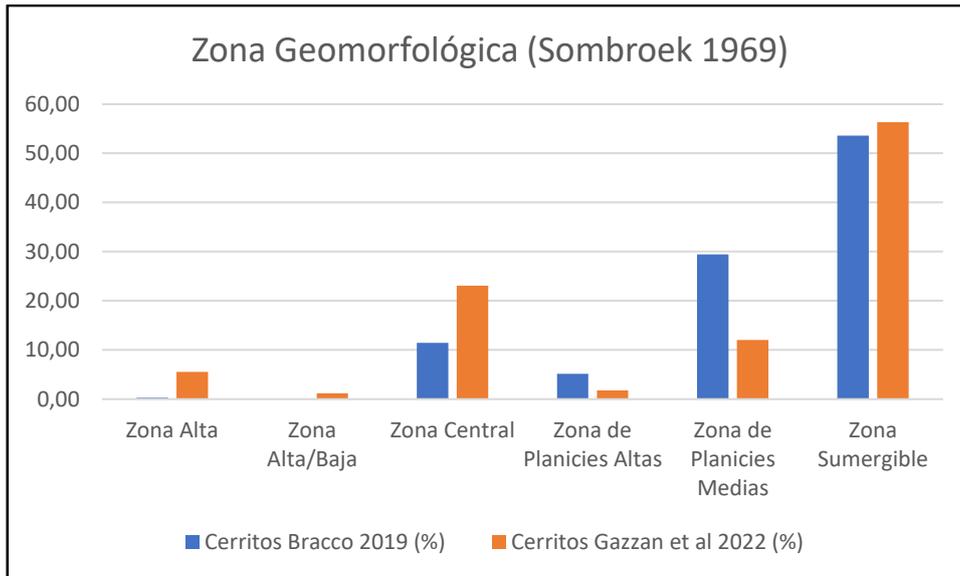


Figura 11 Distribución de los cerritos respecto a las Zonas Geomorfológicas presentes en la zona.

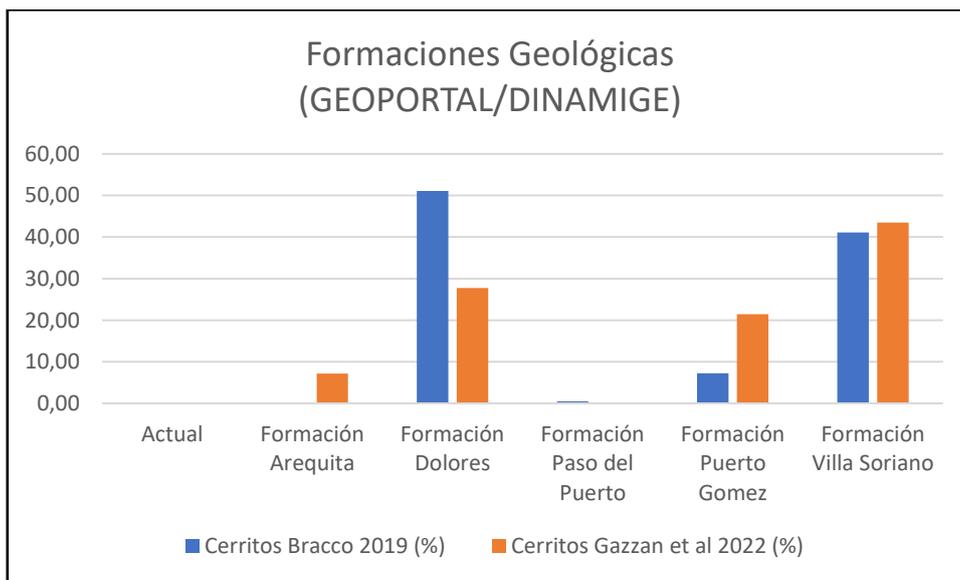


Figura 12 Distribución de los cerritos respecto a las Formaciones Geológicas presentes en la zona.

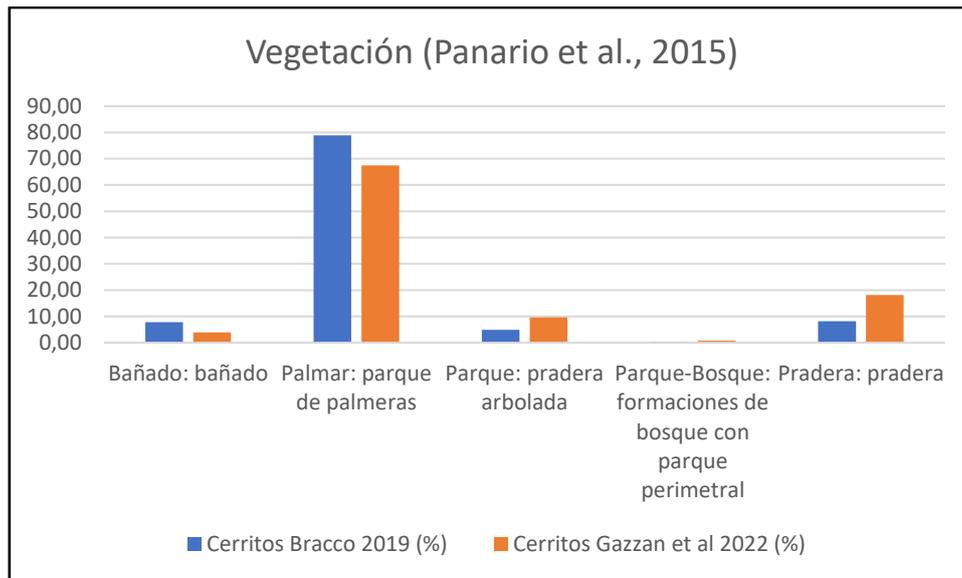


Figura 13 Distribución de los cerritos respecto a la vegetación potencial reportada para la zona.

Teniendo en cuenta estas diferencias se optó por realizar un análisis de distribución de cada una de las bases de datos por separado, y un análisis sobre ambas bases combinadas. De ahora en más las bases de datos serán identificadas según sus autores y la base generada a partir de la integración de ambas como “IMPB Total”.

Según Gazzan et al. (2022: 2), el diámetro promedio de los cerritos en su zona de estudio alcanza un margen superior de aproximadamente 60 m. Para construir su base de datos, Gazzan et al. incluyeron cerritos previamente identificados en investigaciones anteriores, como los de Bracco (2019). A fin de evitar duplicaciones, se creó un buffer de 30 m alrededor de los cerritos identificados por Bracco (2019) (Figura 14). Los cerritos de Gazzan et al. que se encontraban dentro de este buffer fueron considerados como los mismos que los de Bracco (2019). Gracias a este enfoque, se logró combinar la información y se obtuvo un total de 1060 cerritos en la base de datos (IMPB Total).

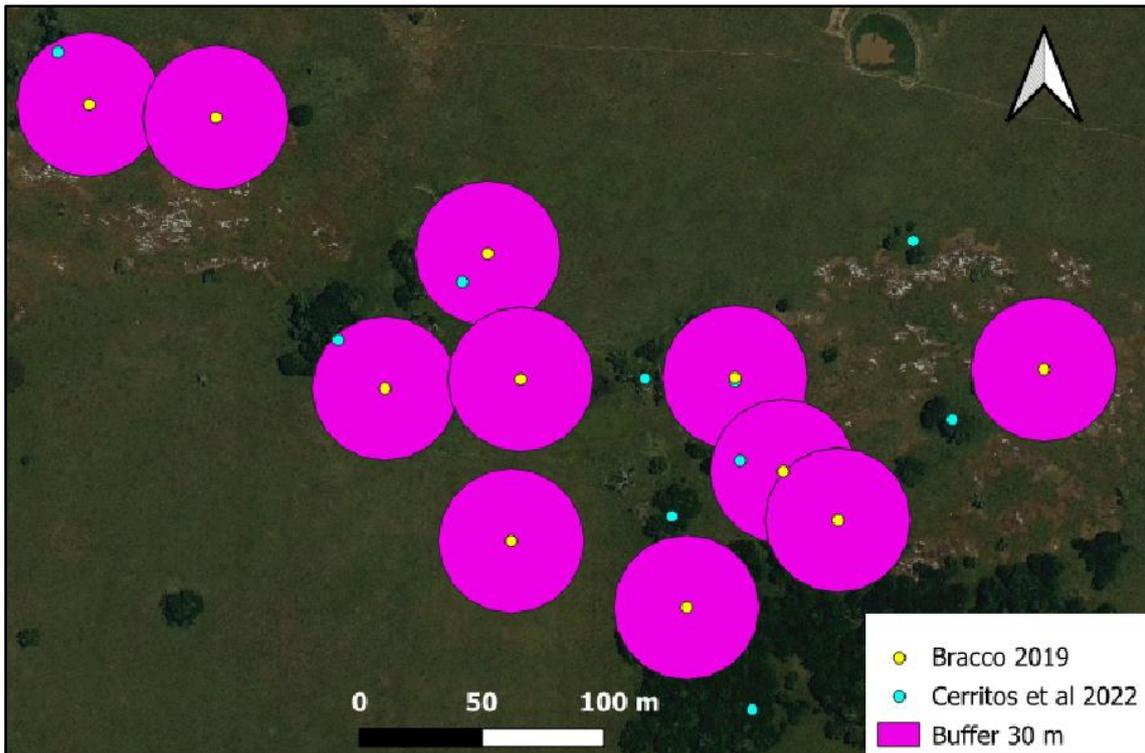


Figura 14 Cerritos ubicados dentro del buffer de 30 m para el sitio Campo Alto (CA).

IV.c.a. Montaje del ambiente SIG:

Mediante las herramientas de geoprocreso de QGIS 3.34.2 se generó un mapa para la zona de estudio que integra un conjunto de variables paisajísticas en un grillado en celdas de 1 km² (Figura 15).

Si bien el trabajo a escala de grillado de 1 km² puede reducir la resolución de ciertas fuentes permite la integración de distintas variables y ha demostrado ser lo suficientemente precisa como para delimitar elementos estructurales del paisaje como los corredores biológicos (Gutiérrez et al., 2012). En los casos en que más de una variable se encontraban en una misma celda se le asignó el valor de la que tuviera mayor representación, por ejemplo, si en una misma celda se encontraban dos formaciones geológicas se asignaba a la celda la formación que ocupara un área mayor. Esto permite recopilar numerosas variables para cada celda (ver Tabla 2 y Figura 16) y establece superficies comparables sobre las cuales evaluar la presencia/ausencia de cerritos.

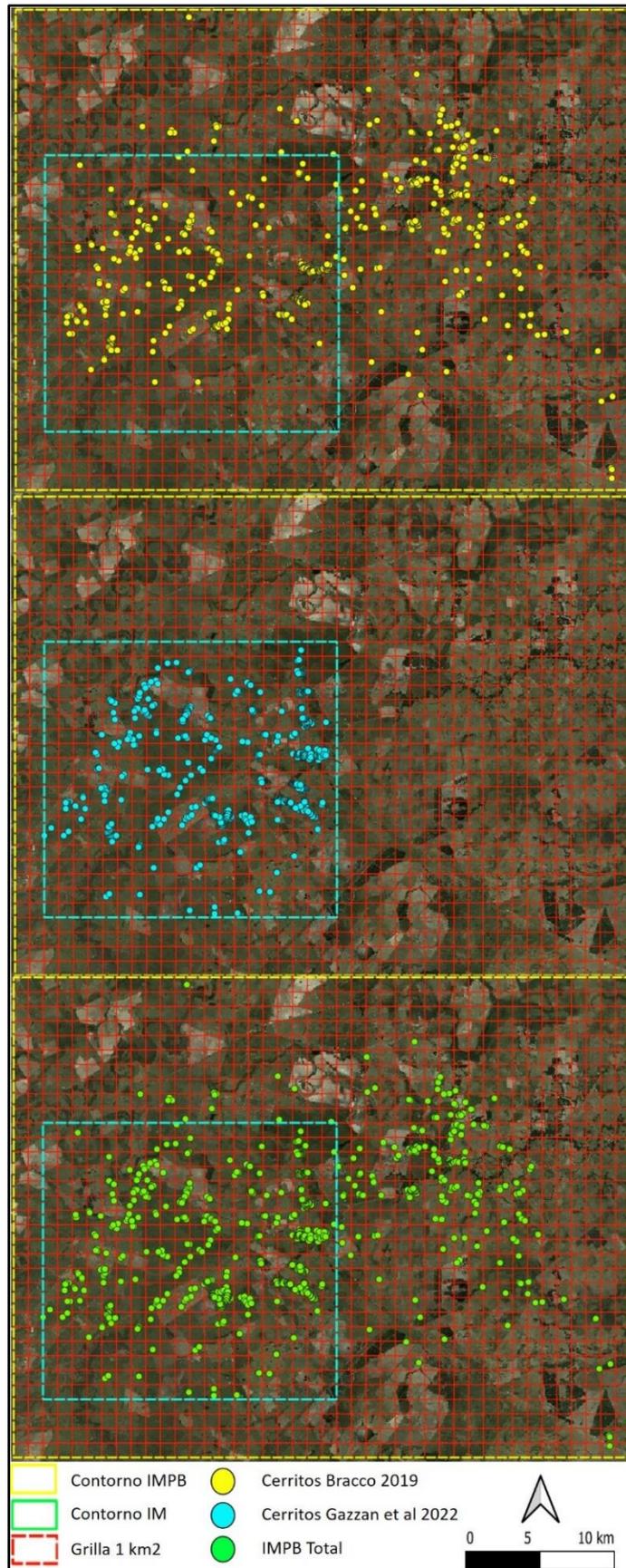


Figura 15 Grilla construida con un tamaño de celda de 1 km² para integrar las variables paisajísticas.



Figura 16 Esquema del montaje de las diferentes capas en grilla.

Para el área de India Muerta-Paso Barranca (IMPB) se definieron 1386 celdas de 1 km², mientras que para India Muerta (IM) se definieron 380 celdas de 1 km². A cada celda se le asignó un Field Identification (FID) numeradas del 0 al 1385. De esta manera para celda se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 2 Variables relevadas por FID.

Variables	Fuente
Cerritos (n)	(Bracco, 2019) (Gazzan et al., 2022)
Cursos de agua presencia/ausencia	Cursos de agua (Infraestructura de Datos Espaciales - IDEUY) - https://www.gub.uy/infraestructura-datos-espaciales/geoservicios-ideuy-)
Cursos de agua nombre	
Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL)	Montaña y Bossi, 1995
Paleocauce	Paleocauces digitalizado (escala 1:50.000 sobre Mosaico Nacional 1966 de IDEUY)
Suelos	CONEAT, 1979
Índice productivo	
Agrupación de suelos	
Ecorregión	Panario et al., 2015
Geoformas	
Distrito	
Agrupación de distrito	
Fertilidad	
Litología	
Unidades del paisaje	
Suelos asociados	
Atributos de suelos asociados	
Suelos dominantes	
Mesorrelieve	
Características de inundaciones	
Definición de inundaciones	
Profundidad	
Textura	
Drenaje	
Hidromorfismo	
pH	
Rocosidad	
Vegetación potencial	
Código sitio	
Código sitio otro	
Código de sitio otro	

Geomorfología	
Bio-subzona (BZ)	Brazeiro et al., 2008b
Corredores Biológicos	Gutiérrez et al., 2012
Formación geológica (Fm)	Carta Geológica GEOPORTAL DINAMIGE
Origen de la formación geológica	
Descripción de la formación geológica	
Formaciones Vegetales (FV)	Barreneche y Zarucki, 2017a y b
Zona de formaciones vegetales	
Palmares	Digitalizado (escala 1:50.000 - Cartas C22, C23, D22, D23 – SGM)
Tipo de pradera	Sganga, 1994
Subunidad geomorfológica	Sombroek, 1969
Unidad geomorfológica	
Nombre unidad geomorfológica	
Zona geomorfológica	

La riqueza y variedad de especies vegetales para India Muerta-Paso Barranca (IMPB) se encuentran diseminadas en distintas publicaciones. En algunos casos se encuentran referidas a unidades del paisaje incorporadas en el SIG, por ejemplo “Mapeo y clasificación de formaciones vegetales del sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera” (Barreneche y Zarucki, 2017a) que consiste en un relevamiento de las FV para el área del sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera (pero no que no cubre toda el área), o Céspedes (1995) que reporta las FV para las unidades geomorfológicas de la “Zona Sumergible” (*sensu* Sombroek, 1969). Para rellenar los vacíos en cuanto a las FV o presencia/ausencia de ciertas especies vegetales se debió recurrir a otras fuentes (Alonso Paz y Bassagoda, 2002; PROBIDES, 1999).

IV.d. Caracterización de IMPB:

La zona de estudio se caracterizó mediante un análisis detallado de las fuentes recopiladas y relevadas en el Sistemas de Información Geográfica (SIG). Este enfoque permite una caracterización precisa de la región en función de diversas variables paisajísticas, que son fundamentales para los análisis posteriores. Al integrar datos geoespaciales y atributos ambientales, se establece una base sólida que no solo describe el entorno físico, sino que también resalta las interacciones entre los elementos del paisaje. Esta caracterización es crucial para comprender las dinámicas ecológicas y culturales de la zona, y sirve como fundamento para investigar cómo estas variables influyen en la distribución y funcionalidad de los cerritos como componentes del paisaje.

En cuanto al clima, la estación meteorológica más cercana a IMPB, ubicada en Rocha (LAT: -34,50, LON: -54,30, Dirección Nacional de Meteorología), reportó para el periodo 1980-2009 una

temperatura media anual de 16,8 °C, con una temperatura máxima media anual de 21,5 °C y una mínima media anual de 12 °C. Además, la precipitación acumulada media anual fue de 1270,2 mm (Castaño-Sánchez et al., 2011). Con base en estos parámetros, la región se clasifica como clima Cfa dentro del sistema de Koeppen (Peel et al., 2007).

Partiendo de las grandes unidades definidas por Sombroek (1969), conocidas como "Zonas" geomorfológicas", se identificaron características principalmente en función de su cota. Este enfoque permitió no solo identificar la distribución de los cerritos en las distintas zonas geomorfológicas, sino también analizar su densidad. A medida que avanzó el análisis, se amplió la escala al incorporar variables adicionales para unidades geomorfológicas definidas, en parte, por su cota y litología, enriqueciendo así la comprensión de la distribución y funcionalidad de los cerritos en el contexto del paisaje local.

La asignación del tipo de cobertura vegetal para cada unidad se basó en el método utilizado por Barreneche y Zarucki (2017b) quienes utilizaron el método fitosociológico (Braun-Blanquet, 1927) para asignar jerarquía por superficie cubierta de acuerdo con la superposición de la unidad con las capas (Barreneche y Zarucki 2017a, Palmares – Sistema Geográfico Militar (SGM); Panario et al., 2015, Sganga, 1994, Sombroek, 1969) y bibliografías consultadas (Alonso-Paz, 1997; Alonso-Paz y Bassagoda, 2002; PROBIDES, 1999,):

- Cobertura 1: > 50% (Coberturas 4 a 5 sensu Braun-Blanquet, 1927).
- Cobertura 2: > 5% - %50 < (Coberturas 2 a 3 sensu Braun-Blanquet, 1927).
- Cobertura 3: =< %5 (Coberturas 0 a 1 sensu Braun-Blanquet, 1927).

IV.d.a. Zona Alta:

En IMPB representa 23 km² y 9 km² en IM. Comprende únicamente la unidad geomorfológica de "Sierras".

IV.d.a.a. Sierras:

En el sector suroeste de la CLM esta unidad se desarrolla a alturas de hasta 450 msnm (Achkar et al., 2012). Tanto en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) como en India Muerta (IM) se desarrolla entre las cotas 105 a 30 msnm aproximadamente. En India Muerta-Paso Barranca (IMPB) esta unidad abarca 23 km² mientras que en India Muerta (IM) sólo 9 km².

En el suroeste de la zona y en toda la Sierra de Los Ajos aflora la Fm Puerto Gómez de origen ígneo-metamórfico, la cual consiste en coladas basálticas con presencia secundaria de andesitas (Preciozzi et al., 1985). Hacia el este de la zona se encuentra la Fm Arequita. La misma está compuesta de riolitas y dacitas con estructura en derrame o filones, flujos y coladas piroclásticas

(Preciozzi et al., 1985). Domina en la Sierra de San Miguel y aparece en forma de islotes cristalinos en el bañado.

En esta unidad dominan los perfiles de tipo plano-pendiente (\Rightarrow 0.01% y $<$ 10%) y ondulado-pendiente (\Rightarrow 10% y $<$ 34%). Los relieves son de sierras aplanadas sobre los cuales se desarrollan principalmente litosoles y en menor medida brunosoles y brunsoles/argisoles. Son suelos de rocosidad alta ($>$ 25%) a media ($>$ 2% a \leq 25%), en su mayoría superficiales (\leq 25 cm) aunque algunos pueden presentar profundidades medias ($>$ 25 \leq 80 cm). Predominan las texturas livianas (Ar, ArF, FAr) y pH muy ácidos (\leq 5.4). No presenta mesorrelieve, no corre riesgo de inundación ya que su drenaje es rápido, razón por la cual no presenta hidromorfismo (Panario et al, 2015).

Presenta principalmente tierra pelada intercala con arbustos, la cobertura de pradera por sobre el material parental del suelo es pobre con pradera predominantemente estival (Sganga, 1994).

Las FV dominantes son Litófilas y Matorral Serrano (Cobertura 1), las cuales se componen principalmente de líquenes, arbustos, cactáceas y árboles de porte arbustivo (Alonso y Bassagoda, 2002; PROBIDES, 1999).

Le sigue el Bosque Serrano (Cobertura 2) en las zonas donde puede darse acumulación de sedimentos o un drenaje más lento, se trata de escasas agrupaciones de árboles, que llegan a formar algunas espesuras, las especies arbóreas y arbustivas son generalmente espinosas. En torno a cursos de agua puede ocurrir el Bosque Hidrófilo (Alonso y Bassagoda, 2002).

Hacia los bordes de esta unidad y en cotas más bajas, dada su proximidad a unidades geomorfológicas que presentan drenaje más lento se da la presencia de FV de comunidades de tipo mesófilas e hidrófilas pero que tienen menor representación (Cobertura 3). Estas FV incluyen: Pajonales, Pastizales Uliginosos, Pastizales Drenados, Tiriricales, Totorales, Bosques Hidrófilos, Matorrales Ribereños, Caraguatales, Juncales y Palmares (Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.b. Zona Alta/Baja:

En India Muerta-Paso Barranca (IMPB) esta zona abarca una superficie de 35 km² mientras que en India Muerta (IM) cubre 17 km². Está ubicada entre las cotas 40 y 25 msnm. Comprende toda la unidad geomorfológica de "Lomadas".

IV.d.b.a. Lomadas:

Esta unidad corresponde a las laderas de la Sierra de Los Ajos, en las cotas más altas aflora la Fm Paso del Puerto, mientras que en las más bajas aparecen Fm Dolores, Puerto Gómez y sedimentos actuales (Preciozzi et al., 1985). Con excepción de Fm Puerto Gómez el resto son formaciones sedimentarias compuestas principalmente de sedimentos francos que pueden variar levemente en sus tenores de arcilla, limo y arena (Preciozzi et al., 1985).

Predominan los perfiles plano-pendiente (\Rightarrow 0.01% y $<$ 10%). Presenta relieves de interfluvios y laderas ligeramente convexas, llanuras continentales altas no inundables y en menor medida bañados (Panario et al., 2015). Los suelos típicos de esta unidad son brunosoles/argisoles, planosoles y gleysoles (Panario et al., 2015). En esta zona dominan por amplio margen los brunosoles/argisoles que presentan una rocosidad prácticamente nula (\leq 2%), textura media (FAcAr, Fr, FL, FAc, FAcL) y pH casi exclusivamente neutro ($>$ 5.4 a \leq 8.4). Los suelos tienden a ser profundos ($>$ 80 cm) (Panario et al, 2015).

No presenta mesorrelieve, las inundaciones son casi nulas y el drenaje es moderado. Consecuentemente exhibe un hidromorfismo intermitente (ubicado a $<$ 50 cm tienen napa colgada) (Panario et al, 2015).

La vegetación consiste principalmente en Praderas Hidrófilas (Cobertura 1), que incluyen praderas y hierbas altas (Sganga, 1994). En menor medida se pueden observar, Gramales, Pajonales y Pastizales Uliginosos (Cobertura 2) (Alonso, 1997; Barreneche y Zarucki, 2017a). En las zonas próximas a bañados (Cobertura 3) se observan Tiriricales, Totorales, Bosques Hidrófilos, Matorrales Ribereños, Caraguatales y Palmares (Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.c. Zona Central:

Para India Muerta-Paso Barranca (IMPB) esta zona abarca 42 km² y para India Muerta (IM) 23 km² entre las cotas 100 y 30 msnm. A su vez se divide en dos unidades geomorfológicas “Colinas cristalinas propiamente” y “Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas”, de las dos únicamente “Colinas cristalinas propiamente” se encuentra representada en India Muerta (IM). En India Muerta-Paso Barranca (IMPB) la primera cubre un área de 29 km² mientras que en India Muerta (IM) cubre 23 km². Para India Muerta-Paso Barranca (IMPB) la segunda abarca 13 km².

IV.d.c.a. Colinas cristalinas propiamente:

El material parental de esta unidad son principalmente esquistos y filitas del grupo Lavalleja al igual que migmatitas heterogéneas. Localmente pueden aparecer riolitas de la Fm Arequita (Preciozzi et al., 1985). Presenta un perfil plano-pendiente (\Rightarrow 0.01% y $<$ 10%). Predomina un

relieve de interfluvios convexos y en menor medida llanuras bajas en vías de drenaje que pueden pasar varias semanas al año inundadas (Panario et al., 2015).

Los suelos dominantes son los brunosoles y brunosoles/litosoles seguidos por los fluvisoles y en menor medida gleysoles. La rocosidad es media ($>2\%$ a $\leq 25\%$), profundidad media ($> 25 \leq 80$ cm) con texturas medias (FAcAr, Fr, FL, FAc, FAcL) y pH neutro (> 5.4 a ≤ 8.4). No presenta mesorrelieves por lo que en rasgos generales no sufre riesgo de quedar inundado, contando con un drenaje moderado lo cual ayuda a que no se den condiciones de hidromorfismo a modo general (Panario et al., 2015).

La vegetación dominante son las praderas, principalmente la Pradera Estival (Cobertura 1) (Sombroek, 1969; Sganga, 1994). En las zonas rocosas pueden darse FV Litófilas y Matorral Serrano (Cobertura 2) (Alonso y Bassagoda, 2002). En las cotas más bajas y/o próximas a cursos de agua se observan (Cobertura 3) Gramales, Pajonales, Pastizales Uliginosos, Tiriricales, Bosque Ribereño, Caraguatales, Bosque Hidrófilo, Matorral Ribereño, Palmares y Totorales (Alonso, 1997; Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.c.b. Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas:

El material parental de esta unidad son los basaltos vacuolares de la Fm Puerto Gómez (Preciozzi et al., 1985).

El perfil dominante es de plano-pendiente ($\Rightarrow 0.01\%$ y $< 10\%$). Presenta Interfluvios ligeramente convexos. Es una zona dominada exclusivamente por brunosoles/argisoles, la rocosidad es media ($>2\%$ a $\leq 25\%$) al igual que la profundidad ($> 25 \leq 80$ cm) y la textura (FAcAr, Fr, FL, FAc, FAcL), y con un pH neutro (> 5.4 a ≤ 8.4). No presenta mesorrelieves, no corre riesgo de sufrir inundaciones, cuenta con un drenaje moderado y no presenta condiciones de hidromorfismo.

La vegetación consiste en Praderas Hidrófilas (Cobertura 1) y en menor medida Praderas Estivales (Cobertura 2) (Sombroek, 1969; Sganga, 1994). Al igual que en la unidad previa en las cotas más bajas se presentan (Cobertura 3) Gramales, Pajonales, Pastizales Uliginosos, Tiriricales, Bosque Ribereño, Caraguatales, Bosque Hidrófilo, Matorral Ribereño, Palmares y Totorales (Alonso, 1997; Barreneche y Zarucki, 2017a).

Esta unidad ocurre principalmente en el sur de India Muerta-Paso Barranca (IMPB) en cotas que pueden ir de 95 a 35 msnm.

IV.d.d. Zona de Planicies Altas:

Es la zona geomorfológica de mayor expresión en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) abarcando aproximadamente 394 km², en India Muerta (IM) cubre 60 km². Se compone en su totalidad por la unidad geomorfológica de "Llanura alta continental". Se observa entre las cotas de entre 45 y 25 msnm.

IV.d.d.a. Llanura alta continental:

El material parental de esta unidad son sedimentos de las Fm Dolores y Paso del Puerto. En el caso de la primera se trata de lodolitas y areniscas arcillosas muy finas, de colores pardos, mientras que la segunda consiste en areniscas finas a conglomeráticas, mal seleccionadas, masivas con intercalación de niveles arcillosos (Preciozzi et al., 19852).

Presenta un perfil plano: pendiente (\Rightarrow 0.01% y $<$ 10%), predomina el relieve de llanura alta no inundable y llanuras medias (Panario et al., 2015). Los suelos dominantes son planosoles seguidos de gleysoles, la rocosidad es absolutamente nula (\leq 2%), son suelos profundos ($>$ 80 cm), la textura es media (FAcAr, Fr, FL, FAc, FAcL), y el pH está dentro de rangos neutros ($>$ 5.4 a \leq 8.4) aunque algunas zonas pueden exhibir pH alcalinos ($>$ 8.4).

La zona presenta mesorrelieves, las inundaciones suelen ser ocasionales o de cortas a muy cortas, el drenaje es lento, lo cual favorece el hidromorfismo en la mayor parte de la zona, aunque puede ser intermitente en otras (Sombroek, 1969).

Las FV dominantes son Pajonales (Cobertura 1), le siguen Pastizales Uliginosos, Tiriricales, Caraguatales, Gramales, Juncales, Bosques Ribereños y Bosques Hidrófilos (Cobertura 2) (Alonso, 1997; Barreneche y Zarucki, 2017a). En menor medida están presentes Palmares, Pastizales Drenados, Totorales, Espinillares, Matorrales Ribereños y Bosque Serrano (Cobertura 3) (Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.e. Zona de Planicies Medias:

Esta zona comprende 324 km² en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) y 57 km² en India Muerta (IM). Abarca toda la unidad geomorfológica de "Llanura media continental". Se ubica entre las cotas 35 y 20 msnm.

IV.d.e.a. Llanura media continental:

El material parental de esta unidad son sedimentos del Pleistoceno final a sedimentos actuales como Fm Dolores y Paso del Puerto (Preciozzi et al., 1985). En general el perfil es de plano-

pendiente (\Rightarrow 0.01% y $<$ 10%) presentando un relieve de llanuras medias y llanuras bajas en vías de drenaje inundadas varias semanas al año. Dominan los gleysoles, con rocosidad nula, suelos profundos ($>$ 80 cm), texturas medias (FACAr, Fr, FL, FAc, FAcL) y pH neutro (Panario et al., 2015). La zona se divide en iguales partes con mesorrelieve y sin este, con inundaciones generalmente cortas. El terreno cuenta con un drenaje lento, por lo que son frecuentes las inundaciones intermitentes u ocasionales por cortos períodos (Panario et al., 2015).

En esta unidad predomina el parque de palmares, en las praderas destacan las praderas con parque y comunidades hidrófilas. La FV característica es el Caraguatal (Cobertura 1), seguida por (Cobertura 2) Pastizales Uliginosos, Pajonales, Bosques Hidrófilos, Tiriricales, Gramales y Bosques Ribereños (Alonso, 1997; Barreneche y Zarucki, 2017a). Por último, están presentes (Cobertura 3) Palmares, Matorrales Ribereños, Pastizales Drenados, Juncales, Bosque Serrano y Totorales (Alonso, 1997; Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.f. Zona Sumergible:

Esta zona abarca un área de 568 km² en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) y 214 km² en India Muerta (IM). Comprende las cotas entre 40 y 20 msnm e incluye las unidades geomorfológicas de “Llanura media encharcada” (LMb), “Bañados encharcados temporalmente secos” (Brs), “Bañados encharcados siempre sumergidos” (Bri), “Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos” (Brit), “Bañados encharcados no diferenciados” (Brnd) y “Bañados de arroyos” (Ba).

Según Céspedes (1995) la Zona Sumergible representa una sucesión ecológica, siendo en orden altimétrico desde la más alta a la más baja: LMb, Brs, Bri, Brit. Las unidades más altas se encuentran sobre gleysoles mientras que las más bajas se encuentran sobre histosoles (Céspedes, 1995). Los bordes de los bañados estarían representados por Llanura media encharcada (LMb) y Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), y el bañado propiamente dicho lo representarían Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) y Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit). Por su parte Bañados encharcados no diferenciados (Brnd) es una unidad donde aparecen representadas todas las unidades previamente mencionadas con sus respectivas características (Céspedes, 1995).

La unidad que Sombroek (1969) definió como Bañados de arroyos (Ba) refiere exclusivamente a los bañados que se forman en los paleocauces abandonados o parcialmente abandonados como son partes de los arroyos India Muerta y Pelotas. Si bien se encuentran prácticamente colmatados sus cauces aún pueden cargarse con agua de lluvia y dada la nula pendiente pueden mantenerse inundados por considerables períodos del año.

A modo general esta zona se presenta como plano: pendiente (\Rightarrow a 0.01% y $<$ 0.2%) y en menor medida como depresión: pendiente ($<$ 0.01%) ocurre en sedimentos de final de Pleistoceno/Holoceno inicial y turbas recientes (Preciozzi et al., 1985; Sombroek, 1969). Sobre

estas formaciones se desarrollan predominantemente gleysoles y en menor medida histosoles, de rocosidad nula, con profundidades que exceden los 80 cm, texturas medias (FAcAr, Fr, FL, FAc, FAcL) y pH neutros (> 5.4 a ≤ 8.4) (Panario et al., 2015).

En toda la zona se encuentran mesorreliieves, con inundaciones largas y regulares, debidas a un drenaje lento que genera condiciones de hidromorfismo intermitente y de larga duración (Panario et al., 2015).

La vegetación dominante son los palmares seguidos por lo bañados, las praderas típicas son de parque con comunidades hidrófilas (Sganga, 1994).

Si bien esta unidad exhibe una alta homogeneidad interna se subdivide a partir de diferencias que se basan principalmente en el tiempo de duración de las inundaciones y la vegetación.

IV.d.f.a. Llanura media encharcada:

En India Muerta-Paso Barranca (IMPB) esta unidad tiene una superficie de 245 km² y en India Muerta (IM) de 89 km². En Llanura media encharcada (Lmb) se encuentran las FV de Gramales, Pastizales Uliginosos, Pajonales, Tiriricales, Bosques Ribereños, Caraguatales y Bosques Hidrófilos (Cobertura 1), seguidos por Palmares, Pastizales Drenados y Matorrales Ribereños (Cobertura 2), en menor medida están presentes Bosque Serrano en torno a afloramientos rocosos y Totorales y en torno a arroyos (Cobertura 3) (Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.f.b. Bañados encharcados temporalmente secos:

El área de esta unidad es de 165 km² en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) y de 26 km² en India Muerta (IM). En Bañados encharcados temporalmente secos (Brs) dominan los Caraguatales y Gramales (Cobertura 1), seguidos por Tiriricales, Pajonales, Pastizales Uliginosos, Palmares, Pastizales Drenados y Bosques Hidrófilos (Cobertura 2), con menor representación también se encuentran Juncuales, Bosques Hidrófilos, Bosques Ribereños, Matorrales Ribereños, Bosque Serrano y Totorales (Cobertura 3) (Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.f.c. Bañados encharcados siempre sumergidos:

Esta unidad cubre 82 km² en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) y 67 km² en India Muerta (IM). En Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) son más abundantes Tiriricales, Pajonales, Pastizales Uliginosos, Gramales, Bosques Ribereños, Caraguatales y Bosques Hidrófilos (Cobertura 1), seguidos por Matorrales Ribereños y Palmares (Cobertura 2), por último, están

presentes Juncales, Pastizales Drenados, Bosque Serrano y Totorales (Barreneche y Zarucki, 2017a). La unidad es dominante en torno al bañado de India Muerta.

IV.d.f.d. Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos:

Cubre apenas 2 km² en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) y 1 km² en India Muerta (IM). En la unidad Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit) dominan los Pajonales, Pastizales Uliginosos, Tiriricales, Gramales, Bosques Ribereños, Caraguatales y Bosques Hidrófilos (Cobertura 1), seguidos por Matorrales Ribereños y Palmares (Cobertura 2), con presencia menor de Bosque Serrano, Pastizales Drenados y Totorales (Cobertura 3) (Barreneche y Zarucki, 2017a). Ocurre en zonas de turbas.

IV.d.f.e. Bañados encharcados no diferenciados:

Consiste en 27 km² India Muerta-Paso Barranca (IMPB) y 9 km² en India Muerta (IM). Para la unidad Bañados encharcados no diferenciados (Brnd) las FV típicas son Pajonales, Pastizales Uliginosos, Tiriricales, Gramales, Bosques Ribereños, Caraguatales, Bosques Hidrófilos y Juncales (Cobertura 1), le siguen Totorales, Espinillares, Palmares y Matorrales Ribereños (Cobertura 2), por último, se encuentran Bosques Ribereños, Bosque Serrano, Pastizales Drenados y Totorales (Cobertura 3) (Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.f.f. Bañados de arroyos:

Abarca 47 km² en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) y 22 km² en India Muerta (IM). En la unidad Bañados de arroyos (Ba) son comunes los Pastizales Uliginosos, Tiriricales, Caraguatales, Juncales, Pajonales, Gramales, Bosques Ribereños y Bosques Hidrófilos (Cobertura 1), seguidos por Totorales, Espinillares, Palmares y Matorrales Ribereños (Cobertura 2), en menor medida se encuentran Bosque Serrano y Pastizales Drenados (Cobertura 3) (Barreneche y Zarucki, 2017a).

IV.d.g. Prioridades de Conservación:

La zona de estudio pertenece al sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera, que se extiende por más de 430.000 hectáreas en las orillas del océano Atlántico y constituye uno de los humedales más extensos y biodiversos de América del Sur, inscrito como el primer sitio Ramsar

de Uruguay en 1984. Este ecosistema alberga 19 categorías de humedales, sirviendo como refugio para más de 120 especies de aves acuáticas que habitan y migran en la región. Los Bañados del Este destacan por su notable biodiversidad a la vez que juegan un rol fundamental en la regulación hídrica de la región⁴.

En términos de Riqueza Potencial de Especies (RPE) y sus prioridades de conservación tanto en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) como en India Muerta (IM), se destaca el sector suroeste (BZ 1-B1) (Tablas 3 y 4). El mismo abarca desde la Sierra de Los Ajos, Bañado de India Muerta, Sierra de San Miguel y bañado de San Miguel (este último siendo el caso exclusivamente para IMPB) (Figura 17). Comprenden superficies similares para ambas zonas (36,80 % para IMPB y 34,21 % para IM), y ha sido clasificado como de alta relevancia para la conservación de tetrápodos (Braziero et al., 2008b).

Tabla 3 Riqueza Potencial de Especies (RPE) en India Muerta-Paso Barranca (IMPB)

RPE en IMPB						
BZ	Mamíferos	Reptiles	Anfibios	Aves	Área (km ²)	Área (%)
1A	>38-41<	>33-36<	>19-22<	>241-256<	476	34,34
1B-1	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256-269<	510	36,80
1B-2	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256-269<	400	28,86
Total					1386	100

Tabla 4 Riqueza Potencial de Especies (RPE) en India Muerta (IM)

RPE en IM						
Bio-subzona	Mamíferos	Reptiles	Anfibios	Aves	Área (km ²)	Área (%)
1A	>38-41<	>33-36<	>19-22<	>241-256<	60	15,79
1B-1	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256-269<	130	34,21
1B-2	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256-269<	190	50,00
Total					380	100

⁴ Sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera: Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable en los Humedales del Este (<https://www.probides.org.uy/sitio-ramsar.php>); consultado el 28/11/2024.

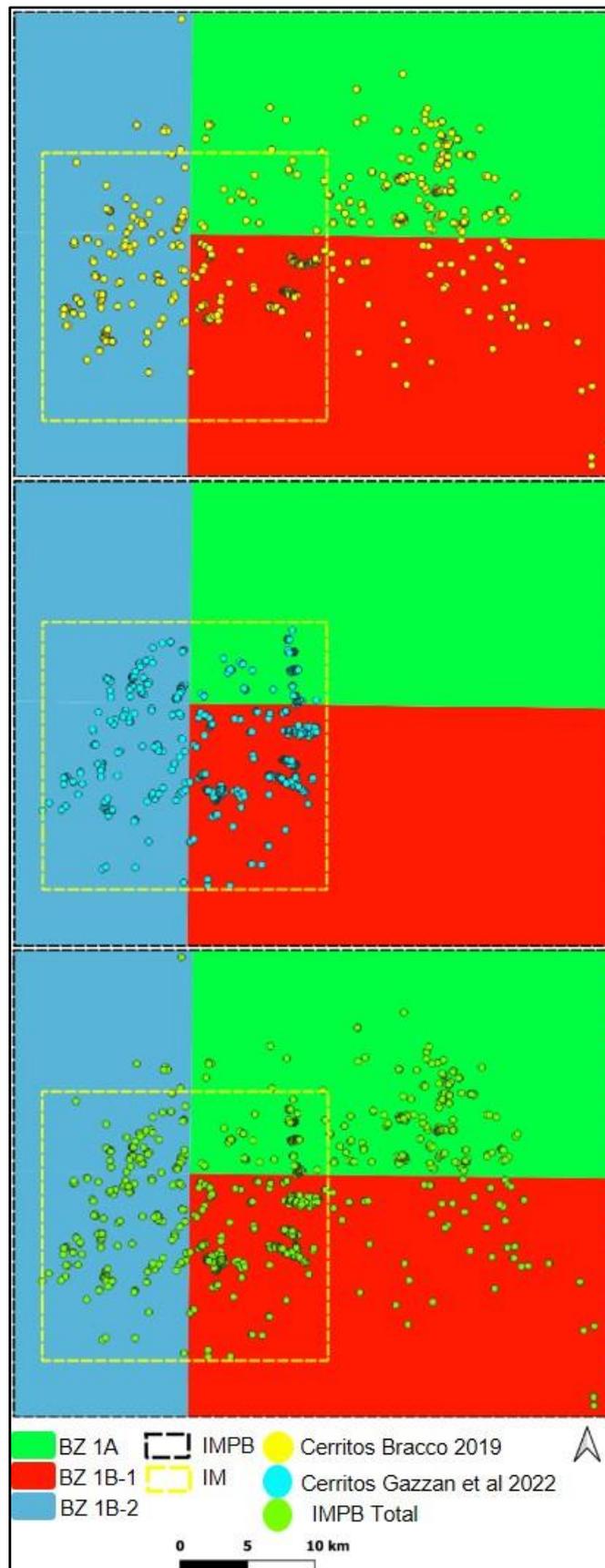


Figura 17 Distribución de cerritos por Bio-subzona (BZ).

IV.d.h. Corredores Biológicos:

Gutiérrez et al (2012) delimitaron corredores biológicos a nivel nacional y ecorregional. Para la ecorregión Graben de la Laguna Merín construyeron un sistema de corredores con énfasis en monte indígena ribereño y humedales (Figura 18).

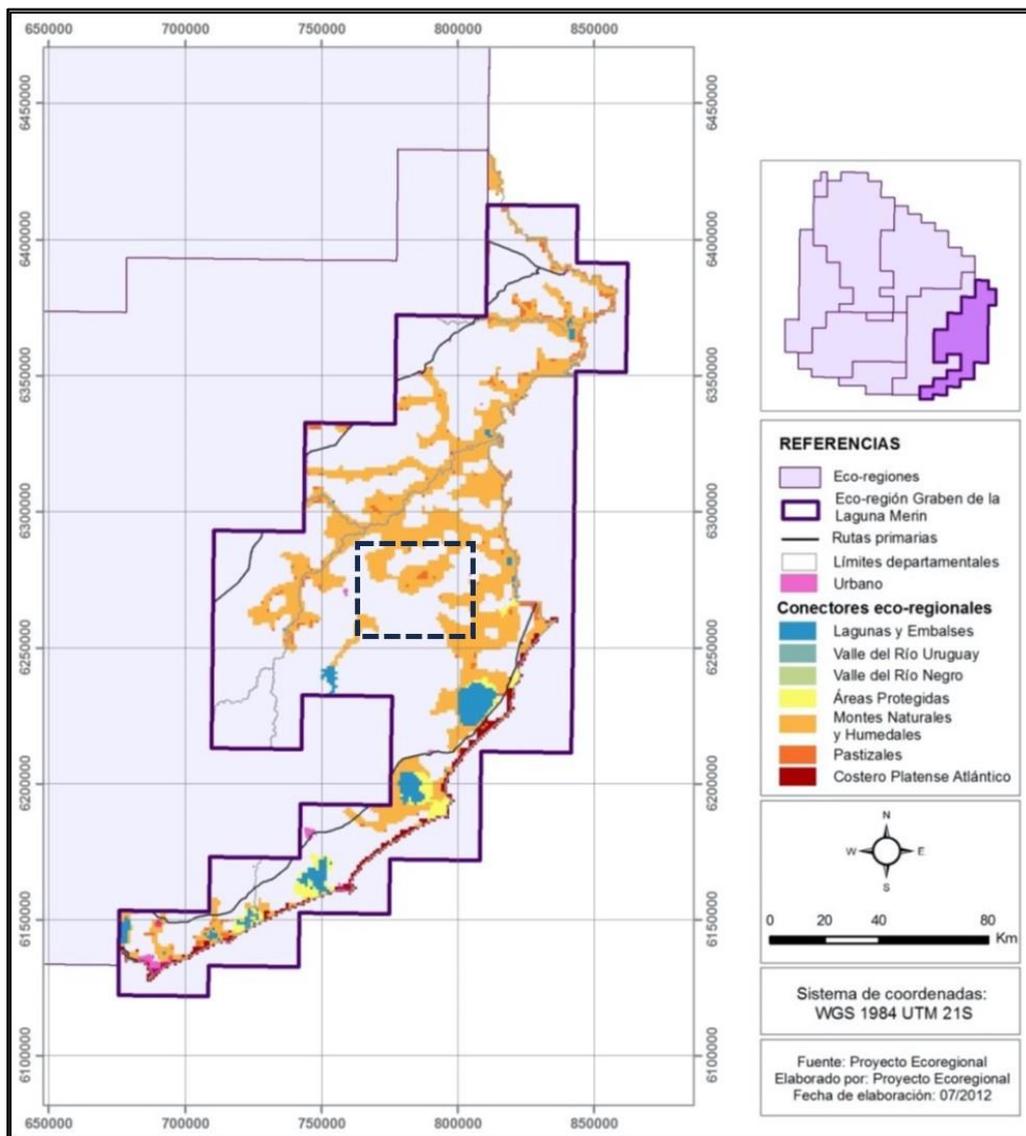


Figura 18 Corredores biológicos para la ecorregión Graben de la Laguna Merín. La línea negra punteada indica la localidad India Muerta-Paso Barranca: IMPB.

Los humedales fueron incluidos ya que desde el punto de vista de la biodiversidad son ecosistemas vitales, albergando más del 40 % de las especies del mundo (Ramsar, 2000). El sitio Ramsar Bañados del Este y Franja Costera fue incluido como corredor por su nivel de

protección y la importancia de los humedales como hábitats para diversas especies de plantas y animales. Algunas especies dependen totalmente de los humedales para su supervivencia, mientras que otras los utilizan en momentos específicos, como la nidificación, la cría o el establecimiento temporal, como en el caso de las aves migratorias (Williams, 1991).

Los montes naturales fueron incluidos al estar protegidos por ley en su totalidad, al igual que los humedales asociados que, aunque no están integrados en los sitios Ramsar, conservan sus principales atributos ecosistémicos debido a su ubicación (Gutiérrez et al., 2012).

Según Gutiérrez et al (2012) los corredores en la ecorregión Graben de la Laguna Merín representan un 25% de la misma, los corredores que ocupan mayor superficie son los Montes Naturales y Humedales con ~ 20 %. En India Muerta-Paso Barranca (IMPB) se observa que los corredores comprenden cerca del 30% de la superficie, mientras que para India Muerta (IM) representan un 23,95%.

IV.i. Hidrografía

En India Muerta-Paso Barranca (IMPB) se identifican dos tipos de cauces en función de su balance erosión-transporte-sedimentación, lo que indica la existencia de dos regímenes hídricos distintos. Por un lado, el río San Luis, que representa la cuenca más extensa (49,06%) (Tabla 5), está en un proceso activo de incisión, presentando barrancas que superan los 6 metros de altura. Por otro lado, el resto de la red hídrica, que incluye el arroyo India Muerta, Cañada Grande, San Miguel y Pelotas, muestra un proceso de colmatación. Esta diferencia se manifiesta en morfologías de canal variadas, patrones de drenaje diversos, así como en las dimensiones y sinuosidad de los meandros. Toda la red hídrica ha sido influenciada por cambios en el nivel de base durante el Holoceno, lo que ha permitido estos ajustes (Bracco et al., 2012).

Tabla 5 Cuencas hidrográficas en IMPB.

Cuenca	Área (km ²)	Área (%)
Canal No. 2 entre nacientes y Canal Andreoni	399	28,78
Arroyo India Muerta entre nacientes y Canal No. 1	87	6,27
Río San Luis entre Arroyo India Muerta y Laguna Blanca	680	49,06
Río Cebollatí entre Arroyo Gutiérrez y Ao. Corrales	2	0,15
Laguna Merín entre Arroyo Estero De Pelotas y Río San Luis	162	11,71
Arroyo Quebracho / Canal Quebracho entre nacientes y Canal No. 1	14	1,04
Arroyo San Miguel	41	2,99
Total	1386	100

Según Montaña y Bossi (1995), las planicies medias de la CLM presentan vestigios de antiguos y grandes meandros que serpenteaban a través de una extensa llanura de inundación, dejando atrás numerosos cursos abandonados que hoy forman bañados alargados y sinuosos. Estos paleocauces formaban parte de un sistema de drenaje conocido como Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), el cual atravesaba la zona de India Muerta-Paso Barranca (IMPB). Este sistema fue gradualmente obstruido por abanicos aluviales en la zona de inflexión del Arroyo de la India Muerta, mientras que parte de su cuenca fue capturada por el río Cebollatí (Bossi y Ortiz, 2011) (Figura 19). Las dataciones numéricas obtenidas en los cauces colmatados de este paleosistema indican que el proceso de entalle del Cebollatí ocurrió aproximadamente hace ~ 2.500 años ^{14}C aP (Bracco et al., 2015, 2016; Mazarino et al., 2015).

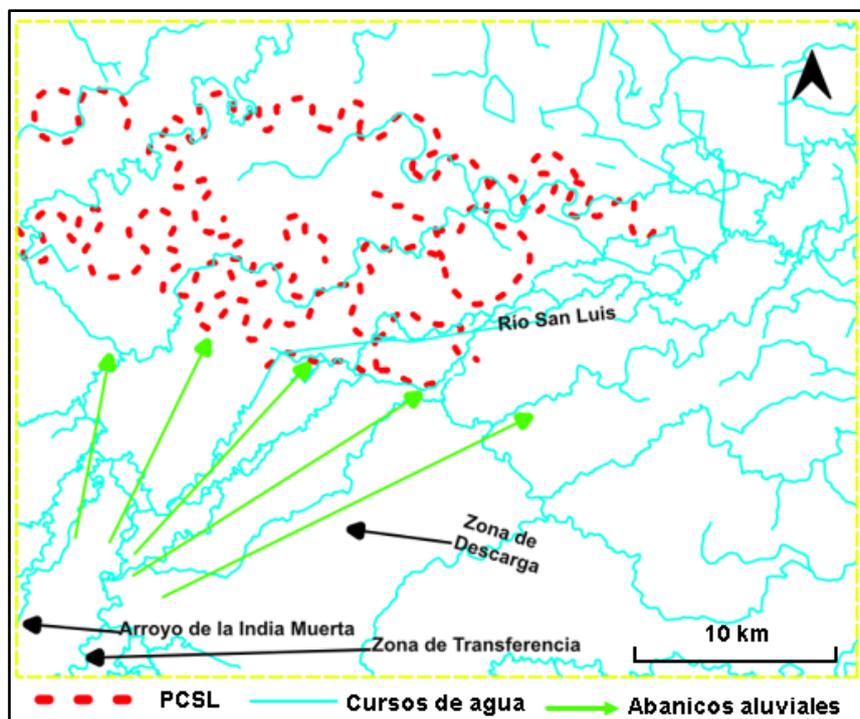


Figura 19 Cursos abandonados de Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) (modificado de Bossi y Ortiz, 2011).

Las reconstrucciones de las comunidades vegetales a partir del registro fluvial de IMPB son escasas y se obtienen de contextos diferentes, específicamente de la Laguna de Los Ajos (LLA) y Rincón de Bravo (RB). El primero corresponde a una turbera formada por un meandro abandonado contiguo a la sierra de Los Ajos. Este registro indica que entre aproximadamente ~ 6.000 y 4.000 años ^{14}C aP se produjeron al menos tres fluctuaciones climáticas, alternando entre comunidades hidrófitas en períodos húmedos y xerófitas en períodos más secos. A partir de 4.020 ± 40 años ^{14}C aP, el registro de LLA sugiere un aumento gradual de la temperatura y humedad, junto con la formación de comunidades vegetales hidrófitas (Iriarte, 2006b; Iriarte et

al., 2016). La presencia de estas comunidades en IMPB desde hace ~ 4.000 años ¹⁴C aP, en un período donde registros de mayor resolución espacial (como en cuencas lagunares) (por ejemplo, del Puerto, 2011a; Inda, 2009) muestran una disminución, puede atribuirse a que cada registro refleja comunidades vegetales a distintas escalas (locales y regionales). Un factor que podría explicar la mayor humedad en India Muerta-Paso Barranca (IMPB) es que, incluso en condiciones de menor precipitación, el sistema fluvial mantuviera bañados en sus planicies debido a su mayor cuenca (Bracco et al., 2016).

El segundo consiste en un testigo de fondo de bañado que cubre una cronología más reciente. El análisis polínico indica que a partir de ~ 2.000 años ¹⁴C aP comienzan a desarrollarse las condiciones climáticas actuales, con comunidades de plantas emergentes, sumergidas y flotantes, o sea las comunidades vegetales que se observan en el bañado actualmente (Mourelle et al., 2015).

IV.b. Análisis geoespacial:

IV.b.b.a. Análisis de ordenación, agrupación y similitud:

Este conjunto de análisis permitió evaluar qué variables presentan coocurrencia con la presencia de cerritos. Para estos análisis se seleccionaron las variables vinculadas a la estructura/funcionalidad del paisaje como son: los Corredores Biológicos, Cursos de Agua, Origen de la Formación Geológica y Unidades Geomorgológicas, así como variables vinculadas a los cambios en el sistema fluvial como los Paleocauces (sin incluir PCSL) y PCSL (Tabla 6).

Tabla 6 Variables paisajísticas seleccionadas para el análisis.

Variable	Registro	Código
CORREDORES	Presencia/Ausencia	CO
CURSOS DE AGUA	Presencia/Ausencia	CA
PALEOCAUCE	Presencia/Ausencia	PALEO
Paleo-Cebollatí-San Luis	Presencia/Ausencia	PCSL
ORIGEN FORMACIÓN GEOLÓGICA	Ígneo Volcánico	FGO_1
	Sedimentario	FGO_2
	Sierras	SR

UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas	Cm
	Colinas cristalinas	C
	Lomadas	M
	Llanura alta continental	LA
	Llanura media continental	LM
	Llanura media encharcada	LMb
	Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos	Brit
	Bañados encharcados siempre sumergidos	Bri
	Bañados de arroyos	Ba
	Bañados encharcados no diferenciados	Brnd
	Bañados encharcados temporalmente secos	Brs
CERRITOS	Presencia/Ausencia	CE

Todas las variables fueron ingresadas en una matriz de presencia/ausencia. Los análisis seleccionados fueron: Análisis de Coordenadas Principales (ACoP), Análisis de Clúster y Matriz de Similitud.

En todos los casos se utilizó el índice de similitud de Ochiai para datos binarios (Hammer, 2024). En ecología, se emplea principalmente para comparar la similitud de comunidades biológicas, así como la presencia/ausencia de especies en diferentes sitios o momentos, utilizándose como

una medida de asociación ecológica (Janson y Vegelius, 1981). La similitud resultante varía desde 1 (total similitud) a 0, ninguna similitud, mientras que los valores intermedios indican similitud intermedia (Ochiai, 1957).

Todos los análisis fueron llevados a cabo con el programa PAST versión 4.16 (Hammer, 2024).

IV.b.b.a.a. Análisis de Coordenadas Principales (ACoP):

El Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) es una técnica multivariada eficaz que permite explorar y reducir la dimensionalidad de una matriz de proximidades. Esta matriz puede ser de correlaciones, distancias euclidianas o similitudes, según el enfoque del estudio (Davis, 1986). El ACoP transforma estas relaciones en un espacio de menor dimensión, donde cada observación se representa como un punto. Las distancias entre estos puntos reflejan las similitudes originales entre las observaciones (Gower, 1966).

La aplicación de ACoP comienza con la construcción de la matriz de proximidades (puntajes del ACoP), seguida de una descomposición para obtener las coordenadas principales. Estos ejes ortogonales capturan la varianza máxima de los datos, permitiendo una representación visual más clara en dos dimensiones (Gower, 1966). Esto facilita la interpretación de patrones complejos que podrían no ser evidentes en el espacio original de alta dimensión.

El ACoP es valorado por su capacidad para manejar datos complejos sin perder información crucial sobre las relaciones entre las observaciones (Gower, 1966). Además, se puede integrar con otras técnicas multivariadas como el análisis de clúster para ofrecer un entendimiento más profundo de los datos, mejorando así la interpretación.

IV.b.b.a.b. Análisis de clúster:

El análisis de clúster es la tarea de agrupar un conjunto de objetos de tal manera que los objetos dentro del mismo grupo (clúster) sean más similares entre sí, según un criterio específico definido por el analista, que con los de otros grupos. Este proceso de agrupación busca identificar patrones o estructuras subyacentes en los datos, facilitando la interpretación y el análisis de grandes conjuntos de datos (Kaufman y Rousseeuw, 2009).

Para realizar esta agrupación, se utilizó el método "classical" o "hierarchical cluster analysis" mediante el algoritmo de clasificación UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) (Hammer, 2024). Este enfoque jerárquico permite construir un dendrograma que ilustra las relaciones de similitud entre los objetos, proporcionando una representación visual clara de cómo se agrupan los datos y cómo se relacionan entre sí (Kaufman y Rousseeuw, 2009). El dendrograma muestra las uniones sucesivas de objetos en clústeres, comenzando con cada

objeto en su propio clúster y fusionando progresivamente los clústeres más similares hasta que todos los objetos están en un solo clúster.

El análisis de clúster ayuda a identificar patrones naturales en los datos, al agrupar objetos similares, se reduce la complejidad de los datos, permitiendo una interpretación más fácil y la identificación de tendencias generales (Kaufman y Rousseeuw, 2009).

IV.b.b.a.c. Matriz de Similitud:

Una matriz de índice de similitud es una herramienta empleada en estadística y análisis de datos con el propósito de medir y mostrar las similitudes entre varios objetos dentro de un conjunto de datos. Esta matriz proporciona una forma sistemática de comparar elementos, permitiendo identificar cuánto se asemejan entre sí. En la matriz cada fila y cada columna representan un objeto específico del conjunto de datos. La intersección entre una fila y una columna contiene un valor que indica el grado de similitud entre los dos objetos correspondientes. Estos valores reflejan la semejanza relativa entre cada par de objetos, facilitando la comparación directa y clara (Hammer, 2024).

IV.b.b.b. Análisis de patrones espaciales:

IV.b.b.b.a. Vecinos Más Próximos Promedio (VMP):

El método del vecino más próximo promedio (VMP) es una medida utilizada en análisis espaciales para evaluar la distribución de entidades dentro de un área determinada. Se calcula comparando la distancia media observada entre las entidades con la distancia media esperada bajo una distribución aleatoria hipotética que cubre la misma área total. Esta comparación se expresa como un índice, donde valores cercanos a 0 indican una distribución altamente agrupada, mientras que valores en el rango de 0,71 a 1,41 sugieren una distribución aleatoria y valores entre 1,41 y 2,15 indican una distribución uniforme (Riadhi et al., 2020).

El análisis de VMP se llevó a cabo mediante la herramienta de análisis de VMP de QGIS 3.34.2, la cual calcula también el Puntaje Z. El puntaje Z en el análisis de VMP es una medida estadística que se utiliza para evaluar si la distribución espacial de los puntos en un conjunto de datos es aleatoria, agrupada o dispersa. Si el puntaje Z es cercano a 0, indica que la distribución espacial de los puntos es aleatoria. Un puntaje Z negativo sugiere que los puntos tienden a agruparse más de lo que se esperaría bajo una distribución aleatoria. Cuanto más negativo sea el puntaje Z, más fuerte es la evidencia de agrupación. Mientras que un puntaje Z positivo significativo

indica que los puntos están más dispersos de lo que se esperaría bajo una distribución aleatoria. Cuanto más positivo sea el puntaje Z, más fuerte es la evidencia de dispersión (Mitchell, 2005).

El VMP es especialmente útil en disciplinas como la ecología, la geografía y la arqueología para identificar patrones de dispersión de elementos como árboles en un bosque, sitios arqueológicos en un paisaje o cualquier otro tipo de entidad espacialmente distribuida. Este método proporciona una manera sistemática de cuantificar y comparar la organización espacial de estos elementos, lo que ayuda a entender mejor las interacciones entre ellos y los factores ambientales que podrían influir en su distribución (Riadhi et al., 2020).

El VMP, permite inferir la estructura espacial de las entidades estudiadas y obtener información significativa sobre procesos ecológicos, históricos o sociales que podrían estar afectando su distribución en el paisaje (Riadhi et al., 2020).

IV.b.b.b.b. Agregación:

Se generaron agregados de cerritos a través del algoritmo de geoproceto *GroupPointsWithinDistance* de QGIS 3.34.2. Esta herramienta elige un punto, el primero del conjunto, y busca, en la distancia de búsqueda elegida por el usuario, otro. Si se encuentra este segundo punto, se agrega al agregado y el ciclo comienza nuevamente hasta que no se agreguen más puntos. Adicionalmente produce una capa de polígonos para superponer los puntos y visualizar los agregados⁵.

Se realizaron dos agregados basados en dos distancias:

- 1- Agregados por Vecino Más Próximo (VMP): La primera se definió a partir de la distancia media observada (m) en el análisis de VMP. La capa de polígonos generada a partir de las distancias de VMP no representa el área total de los cerritos como parches ya que se trabajó con nodos y no con el área real de los cerritos. El área que representa este polígono debe entenderse entonces como un área mínima que conforma el conjunto de parches.
- 2- Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO): La segunda se estableció a partir de las distancias reportadas por Bracco et al (2015: Figura 7) en ocho conjuntos-sitios de cerritos identificados en zonas de planicies y tres en zona de lomadas: Los Ajos (LA), Campo Alto (CA) y Martínez Damonte (MD). En todos los casos la distancia máxima observada fue de ~ 200 m. Los agregados generados a partir de estas mediciones se identificaron como DMO (Distancia Máxima Observada).

⁵ *GroupPointsWithinDistance* en: QGIS Python Plugins Repository (<https://plugins.qgis.org/plugins/GroupPointsWithinDistance/>); consultado el 5/7/2024.

Mientras la primera distancia es una propiedad de los puntos de la red, la segunda corresponde a los arreglos sociales de los grupos que elevaron y ocuparon los cerritos (Braco et al., 2015).

Los agregados basados en los 'arreglos sociales' permitieron analizar los patrones de agrupación de los cerritos e integrar esta información con datos ambientales del área de ubicación. Por otro lado, los agregados basados en las distancias al Vecino Más Próximo (VMP) revelaron un tipo diferente de agrupamiento, centrado en las propiedades de conectividad de la red de parches. De esta manera, se crearon agregados de cerritos que reflejan su interrelación y conectividad como elementos ambientales.

IV.b.b.b.c. Índice relativo de centralidad (IRC):

El Índice relativo de centralidad (IRC) se refiere a la importancia o prominencia de los vértices (nodos o actores) dentro de una red. Según Sanz-Menéndez (2003), este índice, desarrollado por Beauchamp, se calcula como la suma de las distancias desde un punto a todos los otros puntos, dividida por la suma total de las distancias de cada punto a todos los demás en la red. Este índice es mayor cuando el punto está más cercano a otros puntos en la red, lo que indica una mayor centralidad y proximidad en términos de interacción y conectividad dentro del sistema estudiado.

El IRC es útil en diversos campos, como la sociología, la geografía y la ciencia de redes, para entender qué nodos son más centrales o influyentes en términos de su posición y accesibilidad en la red. Este enfoque ofrece una comprensión sobre cómo se estructura y funciona la red, así como acerca de la importancia relativa de sus componentes en la dinámica y el flujo de información o recursos (Sanz-Menéndez, 2003).

Mediante este método se estimaron las distancias Euclidianas. El IRC de un punto puede ser tan alto o tan bajo como las distancias entre los puntos que integran la red por lo que con el objetivo de poder establecer comparaciones entre tres redes con números de nodos distintos se optó por graficar y presentar los resultados por quintiles.

IV.b.b.c. Modelo Lineal Generalizado (MLG):

Se llevó a cabo un análisis de datos de presencia y cantidad de cerritos en función de un conjunto de variables utilizadas por Panario et al (2015) para clasificar sitios ambientales: litología, agrupación de distrito, fertilidad, suelos dominantes, mesorrelieve, profundidad, textura, drenaje, hidromorfismo, pH, rocosidad; y PCSL por tratarse del único paleocauce para el cual existe un control cronológico y sus implicancias en el proceso de colonización de los humedales (*sensu* Bracco et a., 2016) (Tabla 7).

Tabla 7 Variables paisajísticas analizadas para el Modelo Lineal Generalizado (MLG).

Variable	Descripción	Código
Litología	Sedimentos aluviales de textura variada	LI_1
	Sedimentos Ar Ac	LI_2
	Lodolitas LAc	LI_3
	Lodolita LAc sobre cristalino	LI_4
	Ígnea-metamórficas	LI_5
	Sedimentos finos recientes	LI_6
	Sedimentos heterogéneos recientes	LI_7
	Sedimentos variables recientes	LI_8
	Sedimentos AcL	LI_9
	Sedimentos ArL	LI_10
	Fino manto sedimentos LAc sobre cristalino	LI_11
Agrupación de distrito	Depresión: pendiente < 0.01	DI_1
	Plano: pendiente => 0.01% y < 10%	DI_2
	Ondulado: pendiente => 10% y < 34%	DI_3
Fertilidad	Muy baja	FE_1
	Baja	FE_2
	Media-baja	FE_3
	Media	FE_4
	Alta	FE_5
	Muy alta	FE_6
Suelos dominantes	Brunosoles	SD_1
	Brunosoles/Argisoles	SD_2
	Gleysoles	SD_3
	Histosoles/Gleysoles	SD_4
	Litosoles	SD_5
	Litosoles/Brunosoles	SD_6
	Planosoles	SD_7
	Planosoles/Argisoles	SD_8
	Solods/Solonetz	SD_9
Mesorrelieve	Presencia	Meso
	Ausencia	
Profundidad	Superficial: <= 25 cm	P_1

	Media: > 25 <= 80 cm	P_2
	Profundo: > 80 cm	P_3
Textura	Liviana: Ar, ArF, FAr	TE_1
	Medio: FAcAr, Fr, FL, FAc, FAcL	TE_2
	Pesada: AcAr, AcLi, Ac	TE_3
Drenaje	Nulo: Presencia de agua en forma permanente hasta la superficie o proximidades todo el año	DR_1
	Lento: muy pobre, pobre, pobre-moderado	DR_2
	Moderado: moderado	DR_3
	Rápido: bueno, bueno-moderado	DR_4
Hidromorfismo	No Hidromórfico: sin napa, comprende los suelos de drenaje lento, moderado, rápido y excesivo	HI_1
	Intermitentemente inundado: con inundaciones ocasionales por cortos períodos	HI_2
	Temporalmente inundado: con inundaciones periódicas de larga duración	HI_3
	Hidromórfico: comprende suelos con hidromorfismo intermitente ubicado a <50cm, tienen napa colgada	HI_4
	Permanentemente inundado: inundaciones permanentes, generalmente con presencia de horizonte hísticos	HI_5
pH	Muy ácidos: <= 5.4	PH_1
	Neutros: > 5.4 a <= 8.4	PH_2
	Alcalinos: > 8.4	PH_3
Rociedad	Baja-Nula: <= 2%	RO_1
	Media: >2% a <= 25%	RO_2
	Alta: > 25%	RO_3
Vegetación	Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral	VE_1
	Palmar: parque de palmeras	VE_2
	Parque: pradera arbolada	VE_3
	Pradera: pradera	VE_4

	Bañado: bañado	VE_5
Paleo-Cebollatí-San Luis	Presencia	PCSL
	Ausencia	
Cerritos	Presencia	CE
	Ausencia	

Previos a los modelos se realizaron análisis descriptivos mediante Análisis de ACP, clustering jerárquico y correlaciones de Phi entre las variables explicativas para determinar asociaciones y de esa manera, descartar variables redundantes.

IV.b.b.c.a. Análisis de Componentes Principales (ACP):

Para identificar las estructuras subyacentes en el conjunto de datos, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP). El ACP es una técnica de reducción de dimensionalidad que transforma un conjunto de variables posiblemente correlacionadas en un conjunto más pequeño de variables no correlacionadas llamadas componentes principales. Cada componente principal es una combinación lineal de las variables originales y explica una parte de la varianza total en los datos (Legendre y Legendre, 2012). En este análisis, se se utilizó la función *ACP* del paquete *FactoMineR* (Lê et al., 2008) en R 4.4.1 (R Core Team, 2024). Del análisis se reporta la proporción (%) de la varianza explicada de los dos primeros componentes. Estos componentes se utilizaron también para visualizar la estructura de los datos en un espacio bidimensional, facilitando la identificación de patrones y relaciones entre las variables, y su contribución al eje. También se agregan los puntos correspondientes a las observaciones (en este caso la unidad son grillas del terreno) para observar su asociación con las variables (Husson, et al., 2011).

IV.b.b.c.b. Dendrograma Jerárquico con correlación *Phi* para variables dicótomas (binarias):

Para evaluar la colinealidad y agrupar variables altamente correlacionadas, se realizó un análisis de conglomerados de variables (*varclus*) utilizando la función *varclus* del paquete *Hmisc* en R 4.4.1 (Harrell Jr., 2024). Este análisis es similar al ACP, pero está diseñado específicamente para detectar grupos de variables que están altamente correlacionadas entre sí.

El análisis se llevó a cabo utilizando las 58 variables binarias del conjunto de datos, con la matriz de datos convertida a una matriz numérica. Se empleó la medida de similitud del coeficiente de Phi (ϕ) para calcular las asociaciones entre las variables. La correlación se basa en los conteos de frecuencias en una tabla de contingencia como se ilustra en la Figura 17. El método considera tanto las correlaciones positivas como las negativas al calcular las medidas de similitud entre las

variables y su coeficiente se interpreta de igual manera que el coeficiente de correlación de Pearson (Akoglu, 2018).

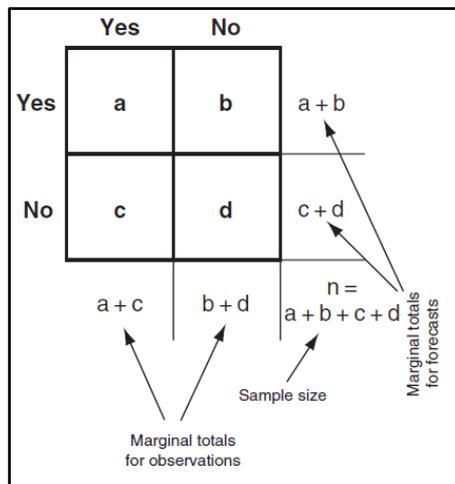


Figura 20 Ejemplo de tabla de contingencia de 2x2 para calcular el coeficiente de asociación entre dos variables dicotómicas (tomado de Wilks, 2011).

El resultado del análisis de *varclus* se visualizó mediante un dendrograma, que muestra la estructura jerárquica de los grupos de variables correlacionadas. Las ramas del dendrograma representan los distintos grupos de variables, donde la altura de las uniones refleja el nivel de correlación entre los grupos. Esta visualización facilita la identificación de grupos de variables que pueden ser interpretados y analizados en conjunto.

IV.b.b.c.c. Distribución de la variable de respuesta:

Para determinar la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a los datos de la variable “cerritos” (*CE*) en cada conjunto de datos, se llevó a cabo un análisis de bondad de ajuste utilizando el paquete *fitdistrplus* en R 4.4.1 (Delignette-Muller y Dutang, 2015). Se evaluaron tres distribuciones de probabilidad: Poisson, binomial negativa y normal. Se utilizaron gráficos de función de distribución acumulada (CDF) y gráficos QQ (cuantil-cuantil) para visualizar y comparar el ajuste de cada una de las distribuciones a los datos observados y elegir la que mejor se ajusta (Inchausti, 2023).

IV.b.b.c.d. Construcción del Modelo Lineal Generalizado (MLG):

Para modelar la relación entre la variable respuesta *CE* y las variables explicativas, se ajustó un modelo de regresión del tipo Modelo Lineal Generalizado (MLG) utilizando como familia de distribución la *binomial negativa* utilizando la función *glm.nb* del paquete *MASS* en R 4.4.1 (Venables y Ripley, 2002). Este modelo es adecuado para datos de conteo (cantidad de cerritos, *CE*) con sobre-dispersión, donde la varianza es mayor que la media (Bolker, 2015).

Se utilizó un enfoque de “selección hacia atrás” para el proceso de modelado. Se inició con un modelo completo que incluía todas las variables retenidas tras el proceso previo de reducción de dimensiones. Las variables se eliminaron de manera iterativa basándose en su significancia, evaluada mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) del tipo II con una prueba de razón de verosimilitud (Logan, 2010). En los resultados sólo se presenta el modelo óptimo final, el cual se seleccionó buscando un compromiso entre ajuste y simplicidad (Zuur y Ieno, 2016). Para evaluar el ajuste del modelo, se calculó el pseudo R-cuadrado de Nagelkerke. El pseudo R-cuadrado de Nagelkerke se utiliza para evaluar el poder explicativo de un modelo MLG binomial negativo (Nagelkerke, 1991). A diferencia del R-cuadrado en modelos lineales, el pseudo R-cuadrado proporciona una medida del ajuste del modelo para datos de conteo sobre-dispersos, facilitando la interpretación de la proporción de variabilidad explicada por el modelo.

Los resultados de los modelos se presentan en tablas con sus Intervalos de Confianza (IC) del 95% y los valores *p* se calcularon utilizando una aproximación de distribución *z* de Wald (Mendenhall et al., 2002).

IV.d. Evolución del sistema fluvial en IMPB:

Se llevó a cabo una reconstrucción del aporte del sistema PCSL a la zona de IMPB utilizando el Método Racional, el cual se expresa como $\text{Escorrentía} = \text{Precipitación} \times \text{Área de la cuenca} \times \text{Coeficiente de escorrentía}$ (Chow et al., 1988).

Si bien este método es una herramienta ampliamente utilizada presenta ciertas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, asume una precipitación uniforme sobre toda la cuenca lo cual no siempre refleja la realidad. Además, simplifica la variabilidad espacial y temporal de la precipitación y otros factores hidrológicos, como la infiltración y la evapotranspiración. A pesar de estas limitaciones, su uso puede estar justificado en ciertos contextos debido a su simplicidad y efectividad dependiendo de los datos disponibles.

En la reconstrucción del aporte de PCSL para la zona de IMPB, el Método Racional se eligió debido a su capacidad para proporcionar una estimación directa de la escorrentía con la información disponible.

La cuenca alta del río Cebollatí, abarca un área considerable de 7.882,43 km², fue analizada utilizando datos de precipitación obtenidos de cinco estaciones pluviométricas seleccionadas

para representar distintos sectores de la cuenca alta: Aiguá, Barriga Negra, Mariscal, Pirarajá y Polanco (ver Tabla 8 y Figura 21). Estos datos, correspondientes a la serie 2001-2019, que son los más antiguos disponibles para las cinco estaciones, proporcionaron una base confiable para estimar la precipitación anual acumulada.

El coeficiente de escorrentía, derivado de las características del tipo de cobertura y pendiente de la cuenca, fue obtenido de Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA) (2011) y Panario et al (2015). Este coeficiente se ponderó para reflejar la variabilidad del terreno dentro de la cuenca.

La fórmula del coeficiente de escorrentía ponderado se utiliza para determinar un valor promedio que representa la capacidad de una cuenca hidrográfica para generar escorrentía superficial (Tabla 9). El coeficiente de escorrentía ponderado toma en cuenta la variabilidad en las características del terreno dentro de la cuenca. Se multiplica el coeficiente de escorrentía de cada unidad por su área, se suman los valores de cada unidad y se divide por el área total de la cuenca obteniendo un valor promedio que representa la capacidad de la cuenca para generar escorrentía superficial (FHWA, 2002).

Aunque el coeficiente de escorrentía varía con la cobertura del terreno, se asumió un valor constante para el período ~ 5.500 a 3.000 años ^{14}CaP debido a la falta de datos específicos. Las reconstrucciones para este período, basadas en registros de lagunas costeras, indican un predominio de pastos cortos en la zona (del Puerto, 2011a, 2015), lo que sugiere que la escorrentía podría haber sido mayor.

Se calculó la variación en el caudal del río Cebollatí en el tramo donde se produjo la captura de PCSL en Paso Averías, utilizando el modelo propuesto por del Puerto (2015). Este modelo incluye la temperatura media anual, la precipitación de la estación húmeda y los cambios del nivel de base en las zonas bajas de la CLM desde el Holoceno medio (~ 5.500 años ^{14}CaP) hasta el presente. El intervalo desde ~ 5.500 a 3.000 años ^{14}CaP consiste en estimaciones, no calibradas con datos actuales, debido a que las condiciones representadas no tienen análogo en la región.

Se partió de la premisa de que la disminución de precipitación en la estación húmeda es proporcional a la disminución en la precipitación anual acumulada. En función de esto, se estimó la escorrentía para cada período.

Aunque el Método Racional tiene limitaciones inherentes, su simplicidad y capacidad para utilizar datos disponibles lo hacen adecuado para el estudio de la cuenca alta del río Cebollatí en este contexto. Permite obtener estimaciones útiles que, aunque aproximadas, proporcionan una base para comprender las dinámicas hidrológicas pasadas y sus implicaciones en la reconstrucción del sistema PCSL.

Tabla 8 Valores de las coordenadas en grados decimales de las estaciones pluviométricas consultadas.

	Aigua	Barriga Negra	Mariscala	Pirarajá	Polanco
Longitud	-54.76	-55.06	-54.78	-54.75	-55.16
Latitud	-34.20	-33.96	-34.04	-33.74	-33.89

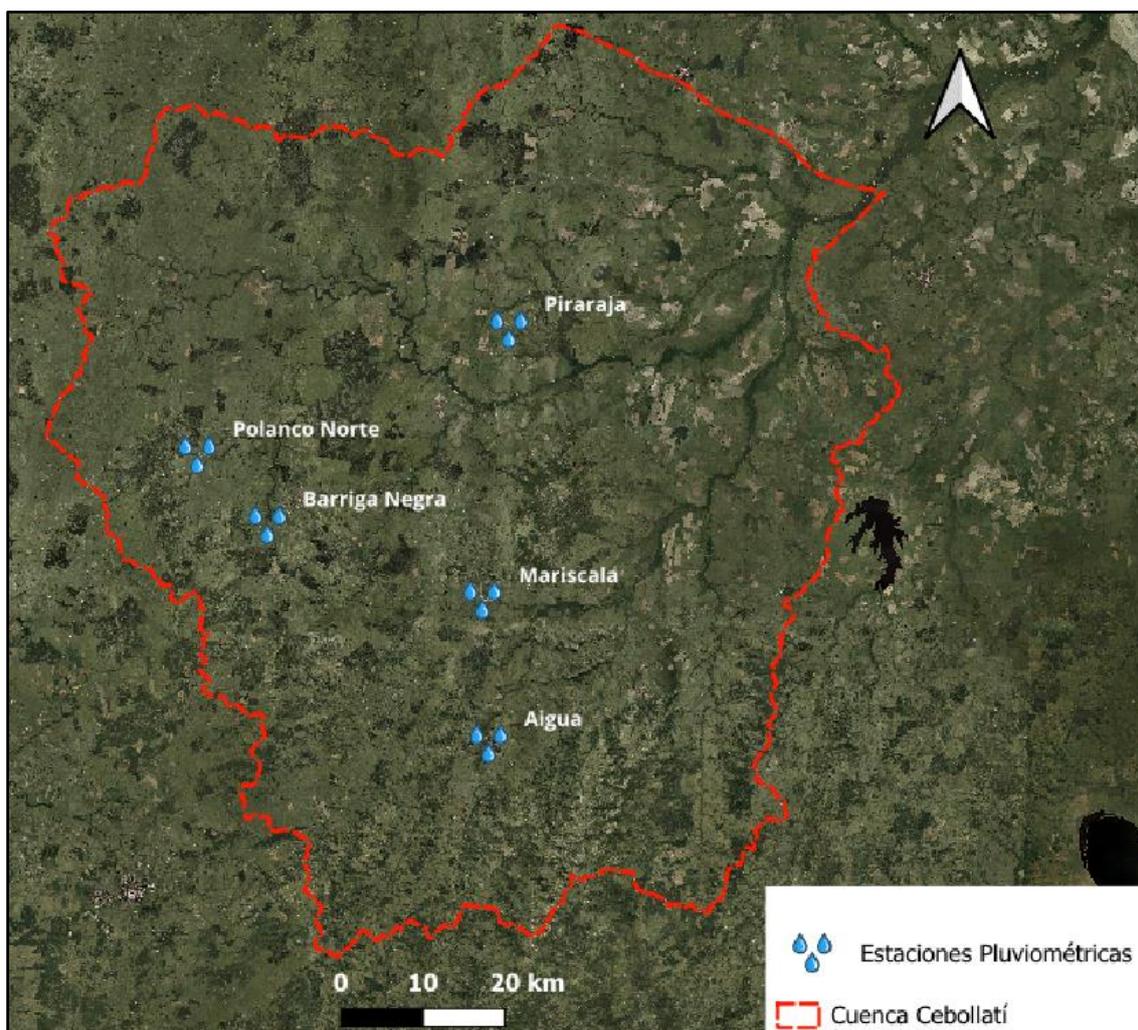


Figura 21 Ubicación en el área de estudio de las estaciones pluviométricas de referencia.

Tabla 9 Coeficiente de escorrentía para la cuenca alta del río Cebollatí en función de su cobertura y pendiente.

Vegetación	Distrito	Coeficientes de escorrentía	Área (km ²)	CxA
Bañado	Plano: pendiente => a 0.01% y <0.2%	0,21	78,60	16,51

Palmar	Plano: pendiente => a 0.01% y <0.2%	0,21	340,88	71,58
Parque: pradera arbolada	Ondulado fuerte: pendiente => 18% y < 34%	0,34	319,62	108,67
Parque: pradera arbolada	Ondulado suave: pendiente => 10% y < a 18%	0,34	856,94	291,36
Parque: pradera arbolada	Plano fuerte: pendiente => a 6% y < 10%	0,34	1537,09	522,61
Parque: pradera arbolada	Plano inclinado: pendiente => 0.2% y < 2%	0,21	0,57	0,12
Parque: pradera arbolada	Plano suave: pendiente => 2% y < 6%	0,29	234,29	67,94
Parque: pradera arbolada	Plano: pendiente => a 0.01% y <0.2%	0,21	134,90	28,33
Parque: pradera arbolada	Serrano: pendiente => 34% y < 66%	0,34	59,16	20,12
Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral	Ondulado fuerte: pendiente => 18% y < 34%	0,37	596,98	220,88
Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral	Ondulado suave: pendiente => 10% y < a 18%	0,37	169,16	62,59
Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral	Plano fuerte: pendiente => a 6% y < 10%	0,37	144,15	53,33
Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral	Plano inclinado: pendiente => 0.2% y < 2%	0,22	0,39	0,09
Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral	Plano suave: pendiente => 2% y < 6%	0,31	20,32	6,30
Parque-Bosque: formaciones de bosque con parque perimetral	Serrano: pendiente => 34% y < 66%	0,37	239,60	88,65
Pradera: pradera	Ondulado fuerte: pendiente => 18% y < 34%	0,37	10,72	3,97
Pradera: pradera	Ondulado suave: pendiente => 10% y < a 18%	0,37	11,38	4,21
Pradera: pradera	Plano fuerte: pendiente => a 6% y < 10%	0,37	707,35	261,72
Pradera: pradera	Plano inclinado: pendiente => 0.2% y < 2%	0,25	19,29	4,82
Pradera: pradera	Plano suave: pendiente => 2% y < 6%	0,33	1792,02	591,36
Pradera: pradera	Plano: pendiente => a 0.01% y <0.2%	0,25	609,03	152,26
		Total	7882,43	2577,42
			Coeficiente ponderado	0,33

IV.e. Los cerritos de indio y su uso reciente:

Para valorar el rol de la percepción de los cerritos y su uso en tiempos recientes se realizaron entrevistas a pobladores locales que hayan habitado en zonas con presencia de o interactuado con cerritos. Esta fue una instancia que buscó generar datos cualitativos por lo que no se estableció un número máximo o mínimo de entrevistas.

La selección de los entrevistados se basó en la figura del “informante clave”, o sea, aquellas personas que, por sus vivencias, capacidad de empatizar y relaciones con el medio son una fuente importante de información (Robledo, 2009). Las entrevistas fueron de cuestionario abierto (ver Anexo), y se llevaron a cabo siguiendo las pautas sugeridas por Taylor y Bogdan (1984) resumidas en: presentación veraz pero vaga e imprecisa, equilibrio entre el objetivo de la investigación y el *rapport* o compenetración con el relato del informante, búsqueda de palabras clave y preguntas de sondeo.

Para la creación del cuestionario, se consultaron investigaciones previas tanto a nivel nacional como específicamente en la región de CLM (Migliaro, 2014; Vidal et al., 2021). Estas investigaciones, utilizaron entrevistas con los habitantes locales para explorar el conocimiento tradicional relacionado con el medio y el uso de los recursos naturales en la zona.

Todos los entrevistados fueron ocupantes de las vecindades del pueblo Paso Barrancas. La entrevista consistió en un cuestionario abierto, con algunas preguntas para orientar al informante acerca de la temática que se buscaba explorar. Con el fin de mantener la fluidez del relato se procuró realizar el mínimo número de intervenciones, esto se prestó a que en algunos se abriera el anecdotario del típico baqueano. A través de dichas anécdotas se expusieron aspectos acerca de los cerritos que, a pesar de que no se encontraban dentro de la información que se esperaba relevar, aportaron datos acerca de la larga historia de ocupaciones modernas de los cerritos y su vínculo con períodos históricos relevantes para la historia nacional.

Si bien las entrevistas fueron bastante desestructuradas, el cuestionario apuntó a relevar los siguientes factores clave:

- Ocupación de la zona.
- Interacción, conocimiento y manejo de los cerritos.
- Uso de recursos silvestre (vegetales y animales).
- Valoración de los cerritos.
- Percepción de los cambios ambientales en las últimas décadas.

A lo largo de las entrevistas se fueron abordando estos temas no necesariamente en este orden ni con la misma profundidad. Con el fin de introducir un cierto orden en relatos que pueden resultar sinuosos se intentó organizar la exposición de la información de manera que ilustre los puntos mencionados previamente, pero con la suficiente flexibilidad para poder incorporar los datos no esperados, pero que resultan en aportes significativos para esta tesis.

Para mantener el anonimato de los informantes se le asignó un seudónimo generado al azar en “Generador de Nombres Online” (<https://generadordenombres.online>).

V. Resultados:

V.a. Los cerritos en el paisaje de IMPB:

Para cada base de datos se estimó la cantidad de cerritos y su densidad, como se detalla en las Tablas 10, 11 y se visualiza en las Figuras Figuras 23, 24 y 25. A continuación, se presentan los resultados de distribución de los cerritos según fue caracterizada la zona de estudio.

V.a.b. Zona Alta:

V.a.b.c. Sierras:

En esta unidad Bracco (2019) reporta 2 cerritos, Gazzan et al (2022), 37, e IMPB Total 38. En este mismo orden las densidades cerritos por kilómetro cuadrado (c/km^2) son: 0,09 c/km^2 , 4,11 c/km^2 y 1,65 c/km^2 . Los cerritos en esta unidad se encuentran en las cotas más bajas de ~ 50 a 30 msnm en los límites de las unidades geológicas ígneas y las sedimentarias.

V.a.c. Zona Alta/Baja:

V.a.c.a. Lomadas:

Bracco (2019) no identifica cerritos en esta zona. Por su parte Gazzan et al (2022) e IMPB Total reportan 8 ubicados en la ladera este de la Sierra de Los Ajos entre las cotas ~ 40 y 30 msnm. Para Gazzan et al (2022) la densidad es de 0,47 c/km^2 y para IMPB Total es de 0,23 c/km^2 .

V.a.d. Zona Central:

V.a.d.a. Colinas cristalinas propiamente:

Bracco (2019) identifica 73 cerritos para esta unidad, Gazzan et al (2022) 155 e IMPB Total 187. Las densidades identificadas respectivamente son de 2,52 c/km², 6,74 c/km² y 6,45 c/km².

V.a.d.b. Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas:

No se han identificado cerritos en esta unidad.

V.a.e. Zona de Planicies Altas:

V.a.e.a. Llanura alta continental:

Para esta unidad Bracco (2019) identificó 33 cerritos, Gazzan et al (2022) 60 e IMPB Total 45. De acuerdo con estas cantidades la densidad para Bracco (2019) es de 0,08 c/km², para Gazzan et al (2022) 0,20 c/km² y para IMPB Total 0,11 c/km². En esta unidad los cerritos se ubican entre las cotas ~ 35 a 30 msnm.

V.a.f. Zona de Planicies Medias:

VI.a.f.a. Llanura media continental:

En esta unidad Bracco (2019) identifica 188 cerritos, Gazzan et al (2022) 81, mientras que IMPB Total 262. En el mismo orden las densidades son 0,58 c/km², 1,42 c/km² y 0,81 c/km². Los cerritos de esta unidad se encuentran bordeando los afloramientos de Fm Puerto Gómez y Arequita, los cerritos en esta unidad se ubican en torno a la cota 20 msnm.

V.a.g. Zona Sumergible:

V.a.g.a. Llanura media encharcada:

Los cerritos en esta unidad se ubican en cotas de ~ 25 a 20 msnm en torno a cursos de arroyos anastomosados. Según Bracco (2019) esta unidad cuenta con 165 cerritos, Gazzan et al (2022) reportan 165, e IMPB Total 251. Las densidades para Bracco (2019) son de 0,67 c/km², 1,85 c/km² para Gazzan et al (2022) y 1,02 c/km² para IMPB Total.

V.a.g.b. Bañados encharcados temporalmente secos:

Los cerritos de esta unidad se encuentran en cota ~ 20 msnm principalmente en torno a bañados como India Muerta y San Miguel. Según Bracco (2019) esta unidad cuenta con 29 cerritos, por su parte Gazzan et al (2022) reportan 40, por último, IMPB Total presenta 63. En el mismo orden las densidades correspondientes son de 0,18 c/km², 1,54 c/km² o 0,38 c/km².

V.a.g.c. Bañados encharcados siempre sumergidos:

Los cerritos identificados en esta unidad se encuentran entre cotas ~ 25 y 20 msnm. Un total de 130 cerritos fueron reportados por Bracco (2019), 154 por Gazzan et al (2022) y 177 en IMPB Total. Las densidades son de 1,59 c/km², 2,30 c/km² y 2,16 c/km² respectivamente.

V.a.g.d. Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos:

Aquí se han identificado 2 cerritos por Bracco (2019), 1 por Gazzan et al (2022) y 2 por IMPB Total con densidades de 1 c/km² para las tres bases de datos. Los cerritos ubican en cotas de ~ 20 msnm.

V.a.g.e. Bañados encharcados no diferenciados:

Para esta unidad se han identificado únicamente 2 cerritos en cotas ~ 20 msnm presentando una densidad de 0,07 c/km², identificados en Bracco (2019) e IMPB Total. Gazzan et al (2022) no reportan presencia de cerritos.

V.a.g.f. Bañados de arroyos:

Para esta unidad se han identificado unidades 14 cerritos según Bracco (2019), 18 según Gazzan et al (2022) y 25 para IMPB Total. Presentan densidades de 0,30 c/km², 0,82 c/km² y 0,53 c/km² respectivamente. Se encuentran generalmente bordeando paleocauces en cotas de ~ 30 msnm.

Tabla 10 Distribución de los cerritos (Bracco, 2019 e IMPB Total) en Zonas y Unidades Geomorfológicas de IMPB (sensu Sombroek, 1969). Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos

Zona Geomorfológica	Unidad Geomorfológica	Código Unidad	Área Unidad		Bracco 2019			IMPB Total		
			(km ²)	(%)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (c/km ²)
Zona Alta	Sierras	SR	23	1,66	2	0,31	0,09	38	3,58	1,65
Zona Alta/Baja	Lomadas	M	35	2,53	0	0,00	0,00	8	0,75	0,23
Zona Central	Colinas cristalinas propiamente	C	29	2,09	73	11,44	2,52	187	17,64	6,45
	Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas	Cm	13	0,94	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00
Zona de Planicies Altas	Llanura alta continental	LA	394	28,43	33	5,17	0,08	45	4,25	0,11
Zona de Planicies Medias	Llanura media continental	LM	324	23,38	188	29,47	0,58	262	24,72	0,81
Zona Sumergible	Llanura media encharcada	LMb	245	17,68	165	25,86	0,67	251	23,68	1,02
	Bañados encharcados temporalmente secos	Brs	165	11,90	29	4,55	0,18	63	5,94	0,38

Bañados encharcados siempre sumergidos	Bri	82	5,92	130	20,38	1,59	177	16,70	2,16
Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos	Brit	2	0,14	2	0,31	1,00	2	0,19	1,00
Bañados encharcados no diferenciados	Brnd	27	1,95	2	0,31	0,07	2	0,19	0,07
Bañados de arroyos	Ba	47	3,39	14	2,19	0,30	25	2,36	0,53
Total	Total		1386	100	638	100		1060	100

Cerritos sobre área de unidades geomorfológicas

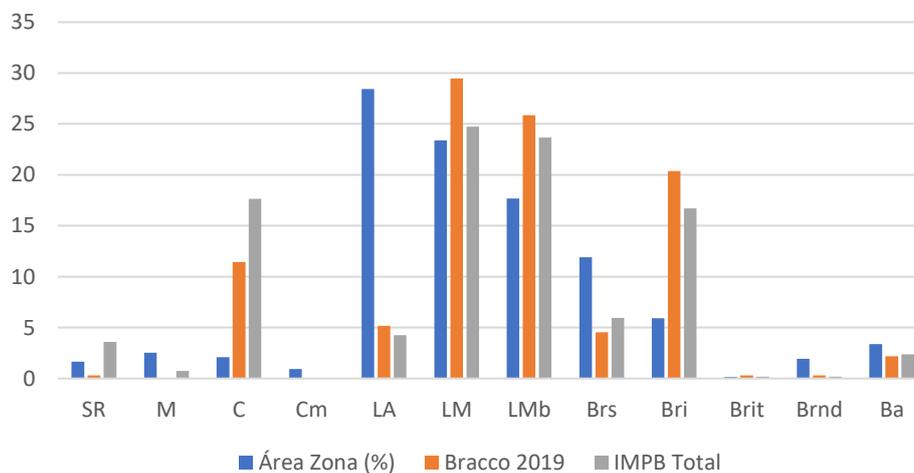


Figura 22 Distribución de los cerritos (%) por unidad geomorfológica en IMPB. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados

encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos;
Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos

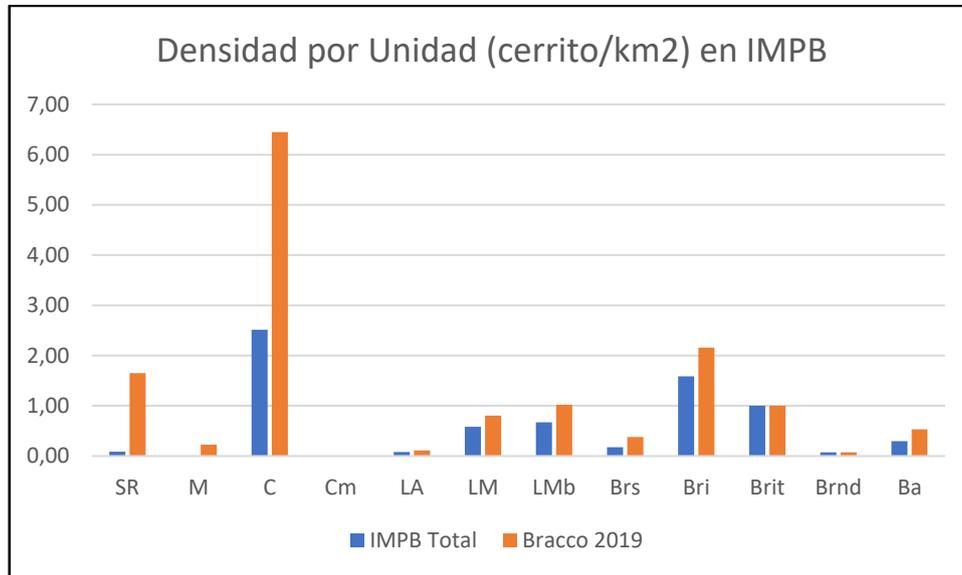


Figura 23 Densidad de cerritos por unidad geomorfológica en IMPB. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos

Tabla 11 Distribución de cerritos en Zonas y Unidades Geomorfológicas de IM (sensu Sombroek, 1969). Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos

Zona Geomorfológica	Unidad Geomorfológica	Código Unidad	Área Unidad (km ²)	Área Zona (%)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (c/km ²)
Zona Alta	Sierras	SR	9	1,66	37	5,51	4,11

Zona Alta/Baja	Lomadas	M	17	2,53	8	1,19	0,47
Zona Central	Colinas cristalinas propiamente	C	23	2,09	155	23,10	6,74
Zona de Planicies Altas	Llanura alta continental	LA	60	28,43	12	1,79	0,20
Zona de Planicies Medias	Llanura media continental	LM	57	23,38	81	12,07	1,42
Zona Sumergible	Llanura media encharcada	LMb	89	17,68	165	24,59	1,85
	Bañados encharcados temporalmente secos	Brs	26	11,9	40	5,96	1,54
	Bañados encharcados siempre sumergidos	Bri	67	5,92	154	22,95	2,30
	Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos	Brit	1	0,14	1	0,15	1,00
	Bañados encharcados no diferenciados	Brnd	9	1,95	0	0,00	0,00
	Bañados de arroyos	Ba	22	3,39	18	2,68	0,82
Total	Total		380	100	671	100	

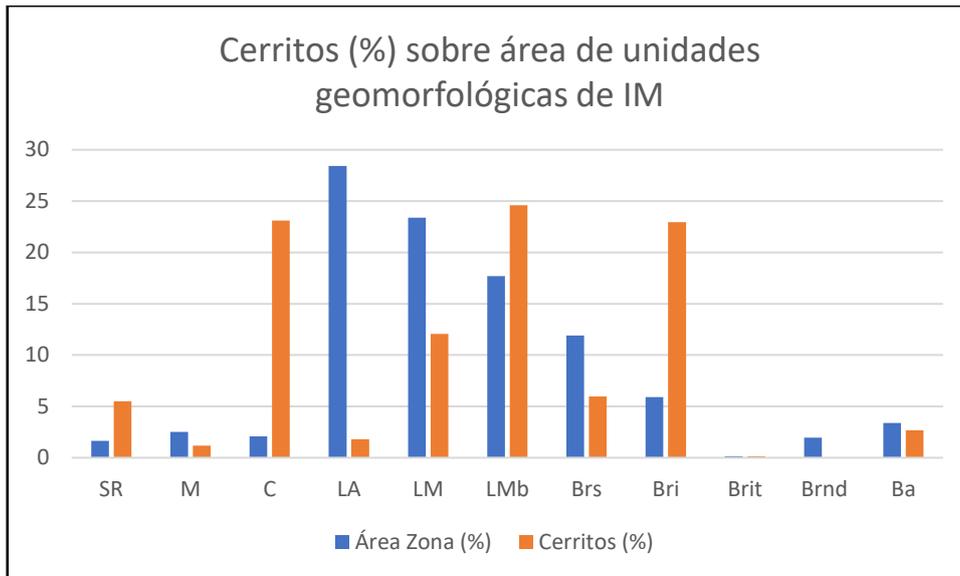


Figura 24 Distribución de los cerritos por unidad geomorfológica en IM. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos

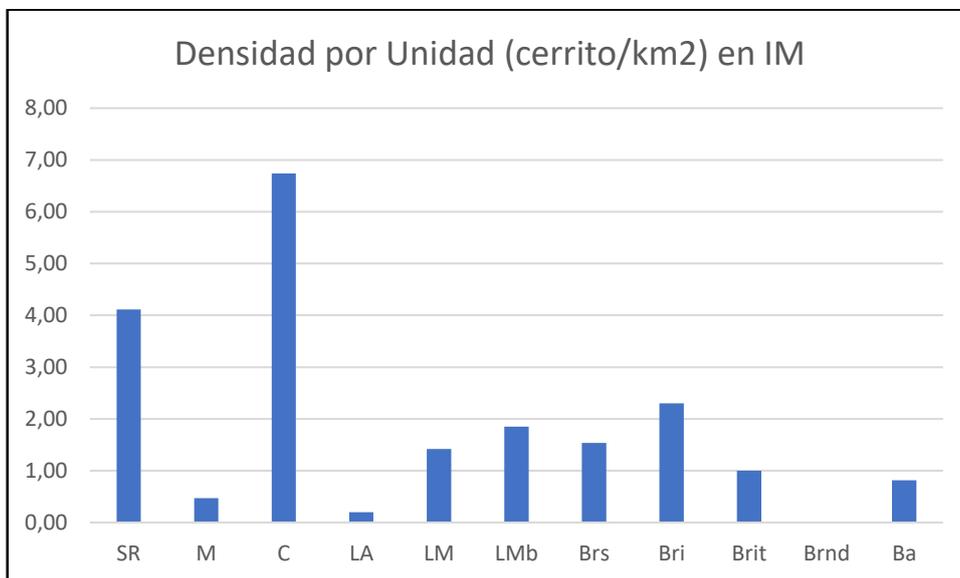


Figura 25 Densidad de cerritos por unidad geomorfológica en IM. Código unidad: SR; Sierras; M: Lomadas; C: Colinas cristalinas propiamente; Cm: Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas; LA: Llanura alta continental; LM: Llanura media continental; LMb: Llanura media encharcada; Brs: Bañados encharcados temporalmente secos; Bri: Bañados encharcados

siempre sumergidos; Brit: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos; Brnd: Bañados encharcados no diferenciados; Ba: Bañados de arroyos

V.b. Prioridades de Conservación:

Se mapearon las BZ identificadas por Brazeiro et al (2008b) y los cerritos (Figura 17). En total IMPB e IM presentan una RPE de mamíferos de >38-41<, de las cuales entre 3 y 5 se encuentran amenazadas (Brazeiro et al., 2008b). Para reptiles se identifican dos zonas, BZ 1A, con una RPE de >33-36< y BZ 1B-1 y 1B-2 con una RPE de >36-39<. Entre 1 y 2 especies de reptiles están amenazadas (Brazeiro et al., 2008b). Los anfibios presentan una RPE de >241-256< en BZ 1A mientras que en BZ 1B-1 y 1B-2 alcanzan una RPE de >256-269<. Hasta 3 especies de anfibios se encuentran amenazadas. En cuanto a las aves la BZ 1A cuenta con una RPE de >241-256<, las BZ 1B-1 y 1B-2 tienen una RPE de >256-269< (Brazeiro et al., 2008b). Incluye entre 4 y 7 especies de aves amenazadas.

La zona suroeste de IMPB (BZ 1-B1), que abarca áreas desde la Sierra de Los Ajos hasta el bañado de San Miguel, se destaca por su alta importancia en términos RPE y prioridades de conservación de la CLM (Brazeiro et al., 2008b), y es la que cuenta con la mayor concentración de cerritos (ver Tablas 12 y 13).

La zona suroeste presenta los valores más altos de RPE con:

- Mamíferos: de 38-41 especies de las cuales entre 3 y 5 están amenazadas.
- Reptiles de 36-39 especies de las cuales entre 1 y 2 están amenazadas.
- Anfibios: de 256-269 especies, con 3 de ellas amenazadas.
- Aves: de 256-269 especies, se estima que entre 4 y 7 especies están amenazadas.

Tabla 12 Cerritos por Bio-Subzona en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).

RPE en IMPB					Bracco 2019					IMPB Total		
BZ	Mamíferos	Reptiles	Anfibios	Aves	Área (km ²)	Área (%)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
1A	>38-41<	>33-36<	>19-22<	>241 - 256<	476	34,34	232	36,36	0,49	317	29,91	0,06
1B-1	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256 - 269<	510	36,80	263	41,22	0,52	514	48,49	0,10

1B-2	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256-269<	400	28,86	143	22,41	0,36	229	21,60	0,05
Total					1386	100	638	100		1060	100	

Tabla 13 Cerritos por Bio-Subzona en India Muerta (IM).

RPE en IM							Gazzan et al 2022		
Bio-subzona	Mamíferos	Reptiles	Anfibios	Aves	Área (km ²)	Área (%)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
1A	>38-41<	>33-36<	>19-22<	>241-256<	60	15,79	100	14,90	1,67
1B-1	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256-269<	130	34,21	377	56,18	2,90
1B-2	>38-41<	>36-39<	>24-26<	>256-269<	190	50,00	194	28,91	1,02
Total					380	100	671	100	

V.c. Hidrografía:

Se relevó la distribución de cerritos en función de la presencia de cursos agua, los paleocauces (incluyendo PCSL) y PCSL.

Para Bracco (2019) un 65,52% de cerritos se encuentran en celdas con cursos de agua en una densidad de 7,17 c/km² (Tabla 14). El 49,63% de cerritos identificados por Gazzan et al (2022) se encuentran en presencia de cursos de agua, con una densidad de 1,66 c/km² (Tabla 15). En IMPB Total un 57,17% de cerritos se ubican próximos a cursos de agua y la densidad es de 10,40 c/km² (Tabla 14).

Tabla 14 Distribución de los cerritos y cursos de agua en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).

Cursos de Agua IMPB			Bracco 2019			IMPB Total		
Cursos de Agua	Celdas (n)	Celdas (%)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (c/km ²)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (c/km ²)
Sí	808	58,30	418	65,52	7,17	606	57,17	10,40
No	578	41,70	220	34,48	5,28	454	42,83	10,89
Total	1386	100	638	100		1060	100	

Tabla 15 Distribución de los cerritos y cursos de agua en India Muerta (IM).

Cursos de Agua IM			Gazzan et al 2022		
Cursos de Agua	Celdas (n)	Celdas (%)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (c/km ²)
Sí	201	52,89	333	49,63	1,66
No	179	47,11	338	50,37	1,89
Total	380	100	671	100	

V.c.a. Paleocauces y evolución del Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL):

Los paleocauces (incluyendo PCSL) dominan en la Zona de Planicies Medias y la Zona Sumergible en pendientes => a 0.01% y <0.2%" (Panario et al., 2015). En IMPB están presentes en el 44,66% de las celdas y en IM en un 53,42% (Tablas 16 y 17).

Tabla 16 Paleocauces, incluyendo Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) India Muerta-Paso Barranca (IMPB).

IMPB		
Paleocauces (incluyendo PCSL)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Presencia	619	44,66
Ausencia	767	55,34
Total	1386	100

Tabla 17 Paleocauces, incluyendo Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) India Muerta (IM).

IM		
Paleocauces (incluyendo PCSL)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Presencia	203	53,42
Ausencia	177	46,58
Total	380	100

A su vez son las zonas que concentran la mayor cantidad de cerritos. El 69,28% de los cerritos reportados por Bracco (2019) se encuentran en presencia de paleocauces con una densidad de 0,58 c/km². Para Gazzan et al (2022) los valores son similares con el 71,09% y densidades de 2,69 c/km². Mientras que para IMPB Total la cifra es de 70,19% y las densidades de 0,97 c/km² (Tablas 18 y 19).

Tabla 18 Distribución de los cerritos y paleocauces en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).

Paleocauces IMPB		Bracco 2019			IMPB Total		
		Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
Presencia	619	442	69,28	0,58	744	70,19	0,97
Ausencia	767	196	30,72	0,32	316	29,81	0,51
Total	1386	638	100		1060	100	

Tabla 19 Distribución de los cerritos y paleocauces en India Muerta (IM).

Paleocauces IM		Gazzan et al 2022		
		Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
Presencia	203	477	71,09	2,69
Ausencia	177	194	28,91	0,51
Total	380	671		

Dentro de los paleocauces el sistema PCSL sobresale principalmente por su consistencia en términos de la concentración de cerritos, tanto para Bracco (2019), Gazzan et al e IMPB Total con el ~ 25% de los cerritos se ubican en torno a él (Tablas 20 y 21), con densidades de 0,69 c/km², 0,57 c/km² y 1,17 c/km² respectivamente.

Tabla 20 Distribución de los cerritos en torno a Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) para IMPB India Muerta-Paso Barranca (IMPB).

PCSL IMPB		Bracco 2019			IMPB Total		
		Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
Presencia	226	155	24,29	0,69	265	25,00	1,17

Ausencia	1160	483	75,71	0,42	795	75,00	0,69
Total	1386	638	100		1060	100	

Tabla 21 Distribución de los cerritos en torno a Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) para India Muerta (IM).

PCSL IM		Gazzan et al 2022		
		Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
Presencia	288	164	24,44	0,57
Ausencia	92	507	75,56	5,51
Total	380	671	75,56	

Cuando se lo compara con el resto de la población de paleocauces se observa que para IMPB representa el 16,31% de estos y en IM el 24,21% (Tablas 22 y 23). Para IM la superficie y porcentaje de cerritos que concentra es similar, en el entorno del 25%. Pero para IMPB la diferencia es mucho más marcada, cubriendo 16% de la superficie reúne el 25% de los cerritos.

Tabla 22 Relación de Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) con el resto de Paleocauces en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).

IMPB	Paleocauce		PCSL	
	Superficie (km ²)	Superficie (%)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Presencia	619	44,66	226	16,31
Ausencia	767	55,34	1160	83,69
Total	1386	100	1386	100

Tabla 23 Relación de Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) con el resto de Paleocauces en India Muerta (IM).

IM	Paleocauce		PCSL	
	Superficie (km ²)	Superficie (%)	Superficie (km ²)	Superficie (%)
Presencia	203	14,65	92	24,21
Ausencia	177	12,77	288	75,79
Total	380	27	380	100

Los picos de mayor aridez ocurrieron entre ~ 5.000 y 4.000 años ¹⁴CaP, con una disminución de precipitación en la estación húmeda de aproximadamente un 20% (Tabla 24). El aporte de la cuenca alta del río Cebollatí a IMPB durante este mismo período disminuyó entre un 12,5% (~

5.000 años ¹⁴CaP) y un 15,62% (~ 4.000 años ¹⁴CaP), alcanzando su pico más bajo de 18,75% en torno a ~ 4.500 años ¹⁴CaP. Sin embargo, aún en el período de menor aporte la cuenca habría vertido un caudal acumulado anual de 67.9647.920 m³ a IMPB a través del PCSL (Tabla 25).

Estos también fueron los períodos más fríos, lo que habría reducido la evapotranspiración. Si consideramos que un 91,14% de IMPB es de perfil plano (=> a 0.01% y <0.2%) y que a su vez dentro de la zona con este perfil el 99,77% es de drenaje lento (Panario et al., 2015), es posible postular que el bañado de India Muerta mantuvo una lámina de agua durante largos períodos del año entre ~ 5.500 y 3.000 años ¹⁴CaP

El Holoceno medio (~ 5.000-2.500 años ¹⁴CaP) se caracterizó por cambios climáticos y ambientales. La persistencia de ecosistemas acuáticos, habría proporcionado un hábitat estable para diversas especies de flora y fauna. En términos de la oferta de recursos el contraste con las regiones aledañas lo habría posicionado como un ecorrefugio para las poblaciones humanas en el proceso colonización del humedal (*sensu* Bracco et al., 2016).

El aumento de las precipitaciones a partir de ~ 2.500 años ¹⁴CaP jugó un papel crucial en la estabilización climática y en la permanencia de los bañados de India Muerta, destacando la importancia de los cambios climáticos y el sistema fluvial en la configuración y preservación de estos valiosos ecosistemas desde el Holoceno medio hasta nuestros días.

Tabla 24 Modelo de niveles marinos, valores de la precipitación en estación húmeda y de la temperatura media anual ~ 5.500-3.000 años ¹⁴C aP (estimado a partir de datos en del Puerto, 2015).

Período (¹⁴ CaP)	Niveles marinos (msnm)	TMA (°C)	Diferencia Actual TMA (°C)	Diferencia Actual TMA (%)	Precipitaciones aproximadas estación húmeda (mm)	Diferencia Situación Actual estación húmeda (mm)	Diferencia respecto actual (%)
0	0	18			320		
3000	~ 3	16,25	1,8	9,7	310	-10	3
3500	~ 3	14,75	3,3	18,1	300	-20	6
4000	~ 3	14,25	3,8	20,8	270	-50	16
4500	1	13,50	4,5	25,0	260	-60	19
5000	>3 - <4	14,25	3,8	20,8	280	-40	13
5500	4	16,00	2,0	11,1	310	-10	3

Tabla 25 Aporte de la cuenca alta del río Cebollatí al Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL).

Años antes del presente	m	Aporte anual (m ³)	m ³ /s	Diferencia respecto al aporte anual actual (m ³)	Diferencia respecto al aporte actual (%)
0	1,406360545	3624788907	114,9413022		
3000	1,362411778	3511514254	111,3493865	113274653,3	3,12
3500	1,318463011	3398239600	107,7574708	226549306,7	6,25
4000	1,18661671	3058415640	96,98172375	566373266,7	15,62
4500	1,142667943	2945140987	93,38980806	679647920	18,75
5000	1,230565477	3171690294	100,5736394	453098613,4	12,5
5500	1,362411778	3511514254	111,3493865	113274653,3	3,125

V.d. Corredores Biológicos:

En IMPB se observa que los corredores comprenden cerca del 30% de la superficie, mientras que para IM representan un 23,95%. Según Bracco (2019) un 33,86% de los cerritos se encuentra en corredores con una densidad de 0,51 c/km². Por su parte Gazzan et al (2022) cuentan con 29,66% de los cerritos en corredores en densidades de 2,19 c/km². Para IMPB Total las cifras son de 36,23% y densidades de 0,91 c/km².

En líneas generales se observa que la distribución de los cerritos en función de los corredores se corresponde con la superficie que ocupan estos (Tablas 26 y 27), por lo que parecerían no mostrar una tendencia a agruparse en torno a ellos. Sin embargo, al mapear la distribución de los cerritos respecto a los corredores se observa que para las tres bases de datos manejadas los cerritos llenan los espacios entre corredores (Figura 26).

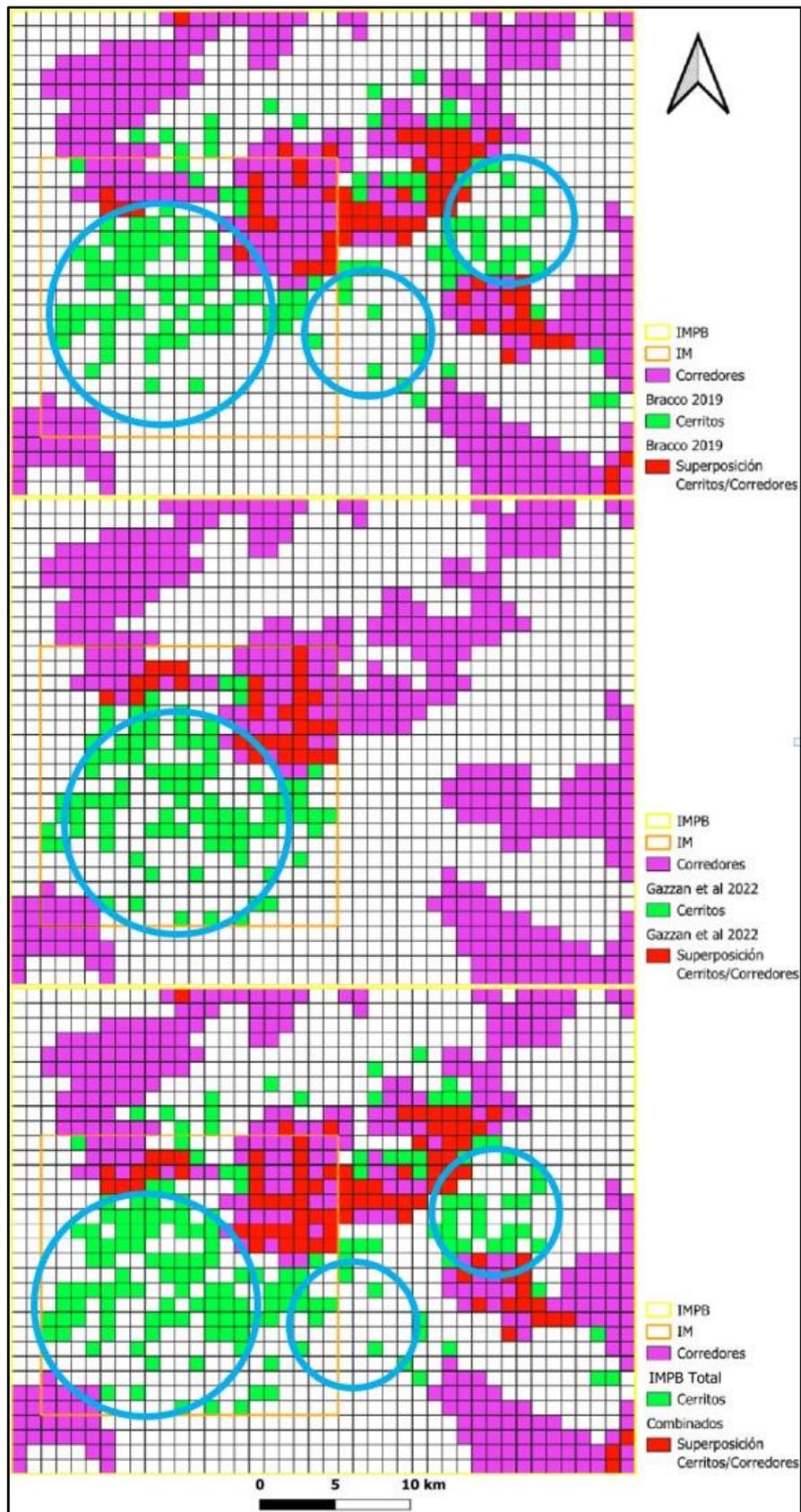


Figura 26 Si bien se observa una superposición de los cerritos sobre los corredores biológicos, su disposición parecería estar cubriendo los espacios vacíos dejados por estos, como lo indican los círculos azules.

Tabla 26 Distribución de los cerritos en los corredores en India Muerta-Paso Barranca (IMPB).

Corredores Biológicos en IMPB	Área (km ²)	Área (%)	Bracco 2019			Combinados		
			Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)	Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
NO	964	69,55	422	66,14	0,44	676	63,77	0,70
SÍ	422	30,45	216	33,86	0,51	384	36,23	0,91
Total	1386	100	638	100		1060	100	

Tabla 27 Distribución de los cerritos en los corredores en India Muerta (IM).

Corredores Biológicos en IM	Área (km ²)	Área (%)	Gazzan et al 2022		
			Cerritos (n)	Cerritos (%)	Densidad por Unidad (cerrito/km ²)
NO	289	76,05	472	70,34	1,63
SÍ	91	23,95	199	29,66	2,19
Total	380	100	671	100	

V.e. Agrupación de las variables paisajísticas:

Bracco (2019):

Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) sobre los datos de Bracco (2019)

Se plotearon las variables para las primeras dos coordenadas (Figura 27) que explicaron el 27% de la variabilidad total (Tabla 28) y se analizó la contribución de cada variable a las mismas (Tabla 29). La Coordenada 1 explica 18% de la variabilidad total, mientras que la Coordenada 2 explica el 8%.

Las variables Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), Lomadas (M), Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), Bañados encharcados no diferenciados (Brnd) y Bañados de arroyos (Ba) presentan valores positivos en ambas coordenadas. Por su parte Formación geológica ígneo volcánica (FGO_1), Sierras (Sr) y Colinas cristalinas (C) se

ubican en dirección positiva respecto a la Coordenada 2 pero negativa respecto a la Coordenada 1.

Las variables Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) y Corredores (CO) se ubican en sentido negativo de la Coordenada 2 pero positivo de la Coordenada 1. Mientras que las variables Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), cerritos (CE), Llanura media encharcada (LMb), Paleocauces (PALEO), Cursos de Agua (CA) y Formación geológica sedimentaria (FGO_2) se ubican en dirección negativa en función de ambas Coordenadas.

De estas observaciones se puede afirmar que los cerritos comparten cierta similitud con Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) y Corredores (CO), pero la asociación más estrecha se da con Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), cerritos (CE), Llanura media encharcada (LMb), Paleocauces (PALEO), Cursos de Agua (CA) y Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

Tabla 28 Resumen del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Bracco (2019).

Componente	Valor propio	Porcentaje
1	1,4312	18,4140
2	0,6724	8,6518
3	0,6591	8,4797
4	0,6186	7,9588
5	0,5435	6,9936
6	0,5146	6,6205
7	0,5019	6,4577
8	0,5000	6,4333
9	0,5000	6,4333
10	0,5000	6,4333
11	0,5000	6,4333
12	0,2256	2,9032
13	0,1751	2,2524
14	0,1133	1,4577
15	0,0760	0,9773
16	0,0396	0,5100
17	0,0000	0,0000
18	-0,0507	-0,6519
19	-0,1506	-1,9382

Tabla 29 Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Bracco (2019).

Valores	Coord 1	Coord 2	Coord 3	Coord 4	Coord 5	Coord 6	Coord 7	Coord 8	Coord 9	Coord 10	Coord 11	Coord 12	Coord 13	Coord 14	Coord 15	Coord 16	Coord 17
CO	-0.23173	0.042462	-0.18549	-0.12777	0.25581	-0.011675	-0.012767	-1,48E-06	-1,16E-06	3,24E-08	-1,56E-08	0.1467	0.4566	-0.33316	0.6155	-0.23375	0.22942
CA	-0.26638	-0.096136	-0.040007	-0.055472	-0.073812	-0.15131	0.012399	4,99E-08	-3,76E-07	-1,10E-08	7,35E-08	-0.25595	-0.0014494	-0.51927	-0.21144	0.51439	0.22942
PALEO	-0.19875	-0.23761	0.01574	-0.12597	-0.0072412	0.088798	0.04431	2,99E-07	-1,70E-06	-9,86E-08	-1,48E-08	-0.23717	0.039543	0.69557	0.36635	0.33802	0.22942
PCSL	-0.17693	0.31296	-0.26228	0.29315	-0.004195	0.031762	0.019455	1,57E-06	4,62E-06	-4,77E-08	6,28E-10	0.54338	0.34546	0.26083	-0.3527	0.22253	0.22942
FGO_1	0.48561	-0.22741	-0.29096	0.041847	-0.0091539	-0.013826	-0.0021827	-3,52E-06	1,52E-07	-1,72E-09	5,24E-08	0.00058126	0.024851	-0.12711	0.10476	0.40756	0.22942
FGO_2	-0.32181	-0.052673	-0.076745	-0.081537	-0.13929	0.049149	-0.035365	-1,47E-06	-7,29E-07	6,11E-08	-2,26E-08	-0.13926	-0.1291	0.055575	-0.2126	-0.41468	0.22942
SR	0.35217	-0.13114	-0.15003	0.028856	-0.083777	-0.27162	-0.3852	0.076676	-0.56234	-0.19798	-0.11168	0.0089955	0.037914	0.091256	-0.035252	-0.22913	0.22942
Cm	0.25101	0.15339	0.19005	-0.12925	-0.27202	0.076716	-0.082569	-0.68789	0.34413	-0.20592	-0.21946	0.080429	0.03674	-0.017584	0.064623	-0.042133	0.22942
C	0.34426	-0.19606	-0.313	0.10697	0.23409	0.044214	0.3883	0.086975	0.38812	0.24538	0.059815	-0.094437	-0.03909	0.046081	-0.14056	-0.28667	0.22942
M	0.19232	0.1078	0.18448	-0.2775	-0.29057	0.59896	-0.16074	0.36111	-0.020833	0.11834	0.35608	0.14441	0.012202	-0.10328	0.011589	0.016713	0.22942
LA	-0.16339	0.39216	-0.48493	0.057492	-0.18374	0.18033	-0.0071021	-0.12959	-0.16585	0.16565	-0.13153	-0.26268	-0.38106	-0.026791	0.10255	-0.048084	0.22942
LM	-0.14635	-0.24652	0.088783	-0.068444	-0.4128	-0.30761	-0.1704	0.33371	0.35741	0.16969	-0.32657	0.064116	0.12282	0.016221	-0.071325	-0.11422	0.22942
Lmb	-0.14652	-0.25061	0.071633	0.23021	0.18862	0.034275	-0.36483	-0.30733	0.071167	-0.027795	0.55147	-0.2053	0.12761	0.010443	-0.2025	-0.10489	0.22942
Brit	0.14246	0.42847	0.35184	0.31406	0.38194	0.023068	-0.27953	0.26313	0.15736	0.0541	-0.27361	-0.32128	0.022351	0.0227	0.032477	0.051857	0.22942
Bri	-0.014327	-0.18341	0.36498	0.21818	-0.079456	0.25273	0.49175	-0.11908	-0.43999	0.10594	-0.25354	-0.10772	0.25893	-0.081782	-0.1113	-0.088605	0.22942
Ba	0.048327	0.29179	0.11811	0.08604	-0.22246	-0.35853	0.41281	0.20012	0.047792	-0.50232	0.39451	-0.10884	-0.043126	0.025538	0.11417	-0.057382	0.22942
Brnd	0.070427	0.21276	0.23029	-0.41718	0.18477	-0.42425	0.089151	-0.16903	-0.18251	0.54633	0.18356	0.1486	-0.1171	0.079428	-0.063844	0.037666	0.22942
Brs	-0.088277	-0.079485	-0.015842	-0.47774	0.4558	0.15435	0.059153	0.091208	0.0055452	-0.4714	-0.22902	0.11819	-0.17547	0.012292	-0.27832	0.00862	0.22942
CE	-0.13214	-0.24074	0.20338	0.38407	0.077497	0.0044668	-0.016633	1,59E-06	3,35E-06	2,04E-09	2,00E-08	0.47724	-0.59864	-0.10696	0.26783	0.022189	0.22942

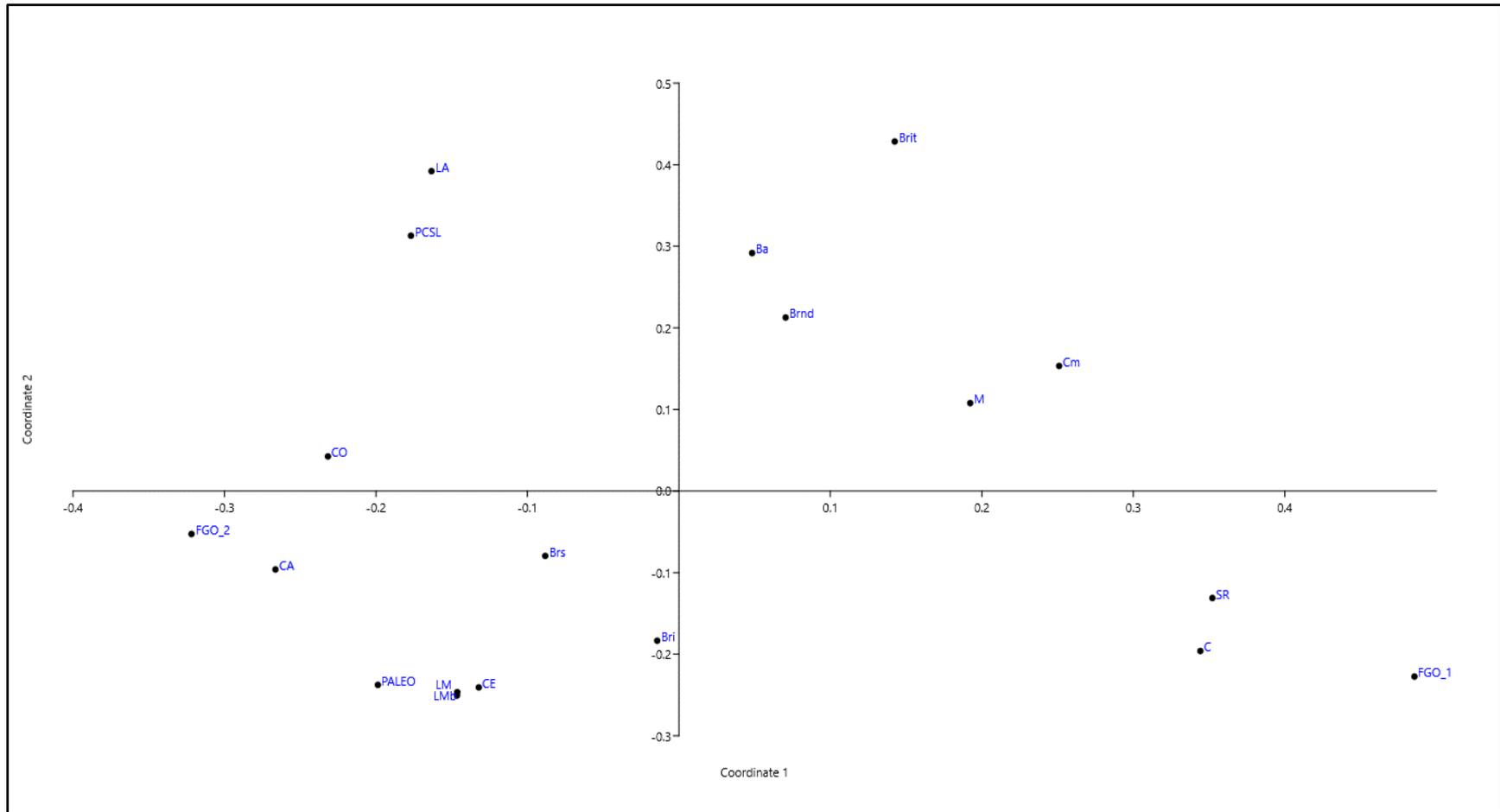


Figura 27 Diagrama de dispersión del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Bracco (2019).

Análisis de Clúster jerárquico para los datos procedentes de Bracco (2019)

El dendrograma que se construyó con el análisis clúster (Figura 45), presentó un alto coeficiente de correlación cofenética (0,8577), indicando una alta fidelidad en la representación de las características de las variables.

El dendrograma revela dos grandes grupos con la mayoría de las variables separándose a un nivel de similitud muy bajo ($0,15 <$). En el primer grupo, la variable Lomadas (M) se separa como única hoja, mientras que Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), se separan en un nivel de similitud levemente superior. Entre 0,15 y 0,30, se bifurca Sierras (Sr). En el mismo grupo, pero con una similitud entre 0,35 y 0,60, se bifurcan Formación geológica ígneo volcánica (FGO_1) y Colinas cristalinas (C).

En el segundo grupo, las variables Lomadas (M), Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), Bañados encharcados no diferenciados (Brnd), Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) y Bañados encharcados temporalmente secos (Brs) se separan como hojas en niveles de similitud por debajo de 0,15. Entre 0,15 y 0,30, una nueva bifurcación produce las hojas Llanura media encharcada (LMb) y los cerritos (CE), que se ubican cerca de 0,30. Subiendo por el dendrograma, se observa una bifurcación entre 0,30 y 0,45 que incluye a las variables Llanura alta continental (LA) y Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL). En el mismo rango de similitud, aparece un nuevo ramal del cual se desprende Llanura media continental (LM) como única variable. Del otro lado del ramal, entre 0,45 y 0,60, se bifurca Corredores (CO). A una altura de 0,60, se observa un clúster en el que Paleocauces (PALEO) forma su propia hoja, y otro clúster más pequeño que agrupa a Cursos de Agua (CA) y Formación geológica sedimentaria (FGO_2) como únicas variables a un nivel de 0,75.

A partir del dendrograma, se puede afirmar que los cerritos (CE) muestran un cierto nivel de agrupación con Llanura media encharcada (LMb), Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), Corredores (CO), Paleocauces (PALEO), Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA) y Lomadas (M), aunque a un nivel muy bajo, levemente por encima de 0,15.

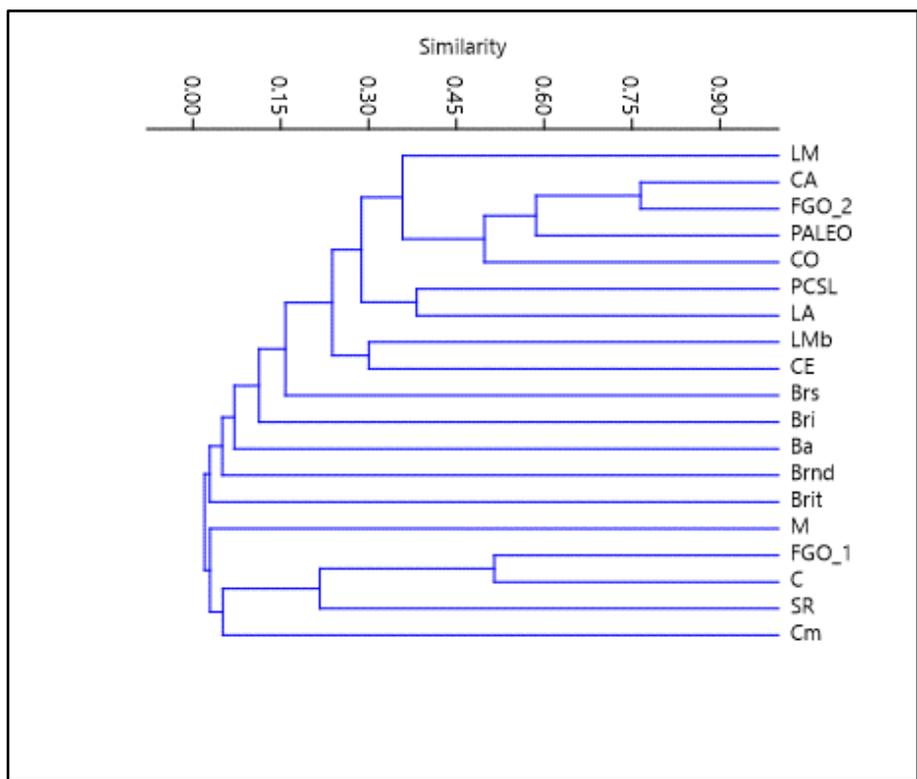


Figura 28 Dendrograma de clúster jerárquico para para los datos procedentes de Bracco (2019).

Matriz de Similitud para los datos procedentes de Bracco (2019)

Para evaluar la presencia de los cerritos (CE) se consideraron únicamente las variables que presentan valores de similitud por encima del promedio. En ningún caso la asociación supera 0,5 de similitud. De acuerdo con los valores obtenidos los cerritos (CE) están asociado con Formación geológica sedimentaria (FGO_2) (0,38), Cursos de Agua (CA) (0,33), Paleocauces (PALEO) (0,31), Llanura media encharcada (LMb) (0,30), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) (0,24), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) (0,23), Corredores (CO) (0,23) y Llanura media continental (LM) (0,20) (Tabla 30).

Tabla 30 Índice de similitud para los datos procedentes de Bracco (2019).

Valores	CO	CA	PALEO	PCSL	FGO_1	FGO_2	SR	Cm	C	M	LA	LM	LMb	Brit	Bri	Ba	Bmd	Brs	CE
CO	1	0,51033383	0,43021155	0,39828566	0,04725417	0,55311312	0,02030065	0	0,07231606	0,03291317	0,2893861	0,19201255	0,2581302	0,06884284	0,10213873	0,08520716	0,14989318	0,3297016	0,23570493
CA	0,51033383	1	0,50277548	0,30655711	0,0683	0,76478068	0,04401307	0,03902857	0,03919644	0,04162539	0,3438333	0,42020409	0,35511447	0,04975186	0,21755818	0,19499747	0,16248889	0,26839747	0,33338169
PALEO	0,43021155	0,50277548	1	0,2383272	0,09384963	0,66923058	0,04980497	0,05520567	0,09610139	0,1143932	0,23465136	0,32953313	0,33063257	0,02814948	0,25498016	0,11032908	0,12258107	0,30991554	0,31942593
PCSL	0,39828566	0,30655711	0,2383272	1	0,01844905	0,4079584	0	0	0,03705681	0	0,38203444	0,11825602	0,15724052	0,09407209	0,07345796	0,13583913	0,01280159	0,06732047	0,24846567
FGO_1	0,04725417	0,0683	0,09384963	0,01844905	1	0	0,4337362	0,15384615	0,5150262	0,11720181	0,0139727	0,00770417	0,01771925	0	0,0153141	0,02022784	0	0,01079584	0,05755412
FGO_2	0,55311312	0,76478068	0,66923058	0,4079584	0	1	0,0456718	0,06834282	0,04575785	0,13883831	0,54070457	0,49130604	0,42505518	0,03872016	0,24490642	0,18370923	0,14226693	0,3495618	0,38445453
SR	0,02030065	0,04401307	0,04980497	0	0,4337362	0,0456718	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02884649
Cm	0	0,03902857	0,05520567	0	0,15384615	0,06834282	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0,07231606	0,03919644	0,09610139	0,03705681	0,5150262	0,04575785	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05137926
M	0,03291317	0,04162539	0,1143932	0	0,11720181	0,13883831	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LA	0,2893861	0,3438333	0,23465136	0,38203444	0,0139727	0,54070457	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,07666576
LM	0,19201255	0,42020409	0,32953313	0,11825602	0,00770417	0,49130604	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,20751434
LMb	0,2581302	0,35511447	0,33063257	0,15724052	0,01771925	0,42505518	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,30050571
Brit	0,06884284	0,04975186	0,02814948	0,09407209	0	0,03872016	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,0978232
Bri	0,10213873	0,21755818	0,25498016	0,07345796	0,0153141	0,24490642	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,23679996
Ba	0,08520716	0,19499747	0,11032908	0,13583913	0,02022784	0,18370923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,07062785
Bmd	0,14989318	0,16248889	0,12258107	0,01280159	0	0,14226693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,01331205
Brs	0,3297016	0,26839747	0,30991554	0,06732047	0,01079584	0,3495618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,09692982
CE	0,23570493	0,33338169	0,31942593	0,24846567	0,05755412	0,38445453	0,02884649	0	0,05137926	0	0,07666576	0,20751434	0,30050571	0,0978232	0,23679996	0,07062785	0,01331205	0,09692982	1

El ACoP permitió identificar que los cerritos tienen una cierta asociación con Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) y Corredores (CO), pero la relación es más fuerte con Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura media encharcada (LMb), Paleocauces (PALEO), Cursos de Agua (CA), Formación geológica sedimentaria (FGO_2)

Por otro lado, el análisis de clúster sugiere que los cerritos se agrupan (aunque a niveles muy bajos) con Llanura media encharcada (LMb), Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), Corredores (CO), Paleocauces (PALEO), Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA) y Lomadas (M).

La matriz de similitud, aunque arrojó valores bajos de coocurrencia ($0,5 <$), permitió cuantificar la similitud entre estos elementos, indicando que los cerritos se asocian principalmente con Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), PCSL, Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Corredores Biológicos (CO), y Llanura media continental (LM).

En resumen, a través de diferentes métodos de análisis, los cerritos muestran una fuerte relación con la presencia de agua (cursos y paleocauces) y zonas bajas encharcadas donde dominan las formaciones geológicas sedimentarias.

Gazzan et al (2022):

Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) sobre los datos de Gazzan et al (2022)

Se graficaron las variables en las dos primeras coordenadas (Figura 29), las cuales explicaron el 29 % de la variabilidad total (Tabla 31), la Coordenada 1 explica el 18% y la Coordenada 2 el 11%. Además, se analizó la contribución de cada variable a estas coordenadas (Tabla 32).

En sentido positivo de ambas Coordenada se encuentran: Lomadas (M), Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit) y Bañados encharcados no diferenciados (Brnd). En dirección positiva respecto a la Coordenada 2 pero negativo respecto a la Coordenada 1 se ubican: Formación geológica ígneo volcánica (FGO_1), Sierras (SR) y Colinas cristalinas (C).

Las variables Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura alta continental (LA), Corredores (CO) y Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) se ubican en el lado positivo de la Coordenada 1 pero en el negativo de la Coordenada 2. En sentido negativo respecto a ambas Coordenadas se hallan: cerritos (CE), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Llanura media continental (LM), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), Cursos de Agua (CA), y Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

Los cerritos compartirían entonces cierta asociación con Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura alta continental (LA), Corredores (CO) y Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), pero la asociación más fuerte se encuentra con Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Llanura media continental (LM), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), Cursos de Agua (CA), y Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

Tabla 31 Resumen del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).

Componente	Valor propio	Porcentaje
1	1,3523	18,4410
2	0,8073	11,0080
3	0,7359	10,0350
4	0,5616	7,6588
5	0,5437	7,4145
6	0,5220	7,1186
7	0,5011	6,8328
8	0,5000	6,8183
9	0,5000	6,8183
10	0,5000	6,8183
11	0,1756	2,3946
12	0,1691	2,3057
13	0,0986	1,3446
14	0,0520	0,7089
15	0,0196	0,2668
16	0,0000	0,0000
17	-0,0155	-0,2110
18	-0,0731	-0,9968
19	-0,2059	-2,8072

Tabla 32 Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).

Valores	Coord 1	Coord 2	Coord 3	Coord 4	Coord 5	Coord 6	Coord 7	Coord 8	Coord 9	Coord 10	Coord 11	Coord 12	Coord 13	Coord 14	Coord 15	Coord 16
CO	-0.19599	0.15519	-0.3864	0.19277	0.01086	-0.018022	-0.014492	-1,64E-06	1,66E-06	-1,05E-06	0.15813	0.32138	-0.12879	0.15457	-0.69546	0.22942
CA	-0.27309	-0.11796	0.10604	0.12549	-0.067122	0.14123	0.01893	3,67E-06	-1,51E-06	-3,70E-06	0.20708	-0.18324	0.136	-0.72641	-0.20461	0.22942
PALEO	-0.17211	-0.27878	0.10788	0.11404	0.09795	-0.1356	0.01352	2,56E-06	-6,78E-08	5,51E-06	0.17879	-0.012202	-0.62029	0.22515	0.083021	0.22942
PCSL	-0.22797	0.14486	-0.33264	-0.19618	-0.013772	-0.029434	0.026103	4,61E-06	6,51E-07	-3,31E-06	-0.20556	0.6262	0.16598	-0.13078	0.39836	0.22942
FGO_1	0.50803	-0.23534	-0.21216	0.014018	0.091032	0.057893	0.0087479	-1,09E-07	1,94E-07	3,52E-06	0.12593	0.078477	-0.010589	-0.32335	0.068101	0.22942
FGO_2	-0.32517	-0.088234	0.066154	-0.10667	0.15621	0.050986	-0.020167	-2,16E-06	8,02E-07	9,31E-06	0.12066	-0.098931	-0.02637	0.20508	0.2659	0.22942
SR	0.40399	-0.045398	0.025874	-0.21731	-0.062274	0.055263	-0.057108	-0.57817	-0.30695	-0.28167	0.11326	0.093336	-0.11814	0.054891	-0.039991	0.22942
Cm	0.14882	0.17592	0.10903	-0.020284	-0.036357	-0.018088	-0.0010453	-5,84E-07	-5,30E-07	-1,51E-06	-0.70715	-0.19808	0.037961	0.088324	-0.29995	0.22942
C	0.34481	-0.20994	-0.35109	0.22978	0.032086	0.085198	0.17645	0.35536	0.22904	0.22791	-0.11068	-0.11537	-0.11024	0.067517	0.13505	0.22942
M	0.20553	0.15663	0.34579	-0.13195	0.51423	-0.18791	-0.4742	0.30913	0.12941	0.01156	0.15712	0.16226	0.14904	0.0023419	-0.093302	0.22942
LA	-0.11037	0.33063	-0.26718	-0.41892	0.31729	0.075101	0.2384	-0.20303	0.31022	-0.024112	0.084166	-0.44126	-0.037792	-0.014507	0.016334	0.22942
LM	-0.095026	-0.0090026	0.035717	-0.074988	0.13469	0.0085875	0.28722	0.43528	-0.67272	-0.3027	-0.10625	-0.10027	-0.0044229	-0.020963	0.0143	0.22942
LMb	-0.17097	-0.23416	-0.0010988	-0.1269	-0.040608	-0.21902	-0.28972	-0.22697	-0.22639	0.60932	-0.25769	-0.088857	-0.075904	-0.11697	0.0035408	0.22942
Brit	0.12695	0.34736	0.083374	-0.12285	-0.59327	-0.54703	0.083658	0.19195	0.062103	0.031466	0.24275	-0.089593	-0.072501	-0.043555	0.079287	0.22942
Bri	-0.10397	-0.34388	0.35806	-0.085489	-0.11936	-0.03467	0.21129	-0.036227	0.4768	-0.34919	-0.25573	0.22378	-0.049691	-0.059882	-0.078354	0.22942
Ba	-0.0085105	0.19446	0.12059	-0.091187	-0.38081	0.71718	-0.34533	0.1797	0.025684	0.049564	0.043598	-0.0037049	-0.15598	0.10185	0.078087	0.22942
Brnd	0.08346	0.27012	0.40723	0.35957	0.12172	0.1462	0.48605	-0.21873	-0.06004	0.38764	0.11442	0.17892	0.16595	0.10975	0.078333	0.22942
Brs	-0.092697	0.17838	-0.13039	0.63476	0.024881	-0.13639	-0.32868	-0.20828	0.032842	-0.35979	-0.10769	-0.21025	0.10436	0.0069812	0.28486	0.22942
CE	-0.045734	-0.39086	-0.084789	-0.077673	-0.18737	-0.011475	-0.019623	-2,87E-06	3,38E-07	-1,01E-05	0.20485	-0.1426	0.65142	0.41996	-0.093514	0.22942

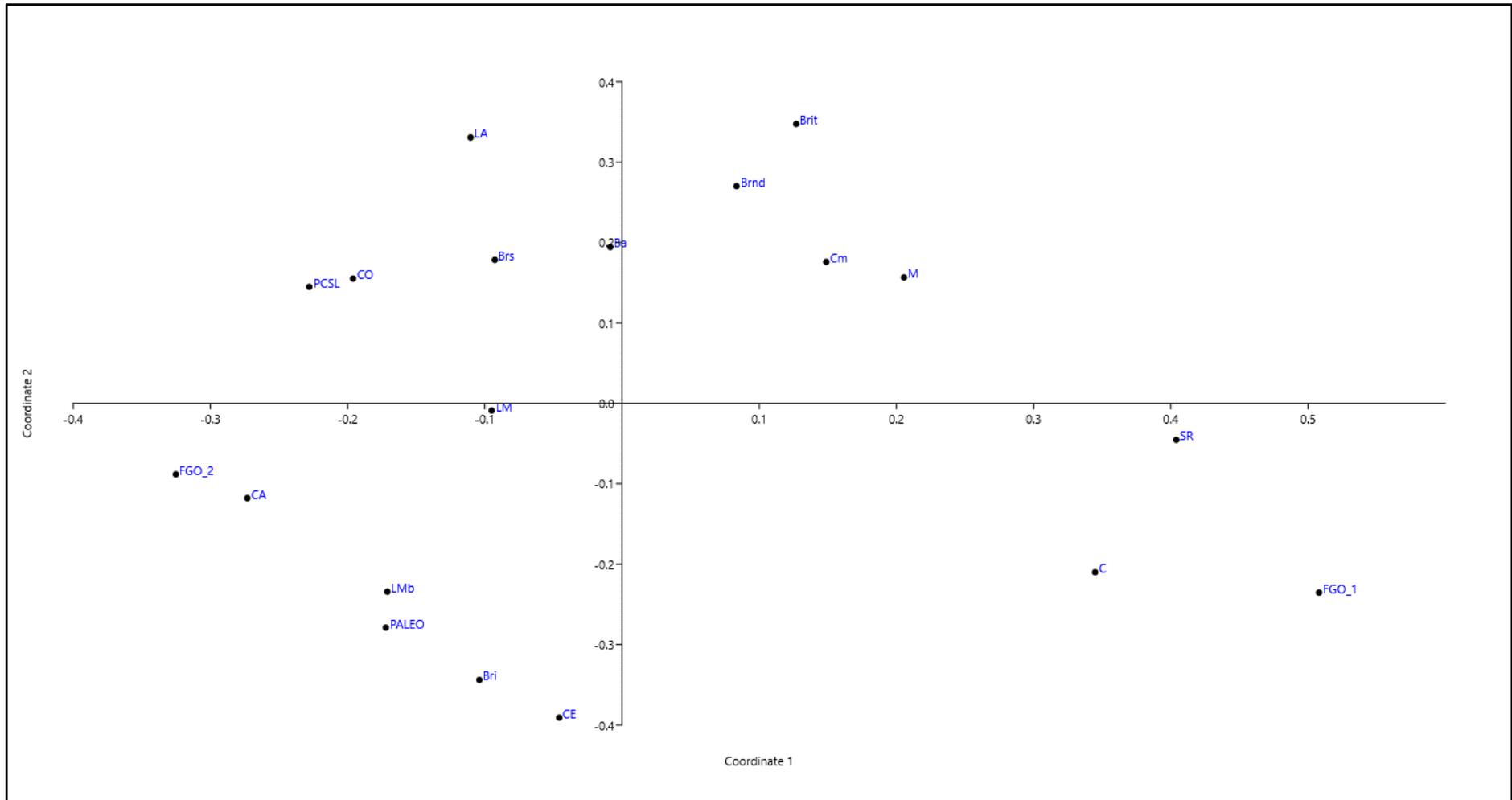


Figura 29 Diagrama de dispersión del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).

Análisis de Clúster jerárquico para los datos procedentes de Gazzan et al (2022)

El análisis de clústeres arrojó un alto coeficiente de correlación cofenética (0,8527), por lo que se puede afirmar que el dendrograma que se obtuvo (Figura 30) representa fielmente las relaciones entre las variables.

Del dendrograma se desprenden dos grandes clústeres a niveles muy bajos ($0,15 <$). En el primer gran clúster, entre 0 y 0,15 se desprende Lomadas (M) como única hoja de este grupo. A un nivel levemente superior se bifurcan dos ramales, a un lado del ramal surge Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm) como hoja. Entre 0,15 y 0,30 surge un clúster que cuenta por un lado con Sierras (Sr) como única hoja y por otro lado un ramal del cual se desprende a un nivel entre 0,45 y 0,60 un ramal con dos hojas: Colinas cristalinas (C) y Formación geológica ígnea volcánica (FGO_1).

El segundo gran clúster presenta variables que se desprenden del resto a niveles por debajo de 0,15: Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), Bañados encharcados no diferenciados (Brnd), Bañados de arroyos (Ba), y Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri). Entre 0,15 y 0,30 surge una bifurcación de la cual se abren dos ramales. Por un lado, surge un ramal del cual se desprenden cerritos (CE) y Llanura media encharcada (LMb).

Por otro lado, en niveles próximos a 0,30 se abre otra bifurcación. A niveles entre 0,30 y 0,45 surge un clúster que cuenta con Llanura alta continental (LA) y Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) como hojas únicas. A la misma altura surge una nueva bifurcación de la cual se desprende Llanura media continental (LM) como hoja única. Ya a niveles de 0,45 a 0,60 surge otro ramal del cual se desprende Corredores (CO) como hoja única.

A partir de 0,60 se abre un nuevo ramal del cual se desprende Paleocauces (PALEO). En niveles superiores a 0,75 se agrupan Cursos de Agua (CA) y Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

De acuerdo con esta representación gráfica se observa que los cerritos (CE) se agrupan con Llanura media encharcada (LMb), Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), Corredores (CO), Paleocauces (PALEO), Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA) y Llanura media continental (LM), aunque a niveles muy bajos (0,15-0,30).

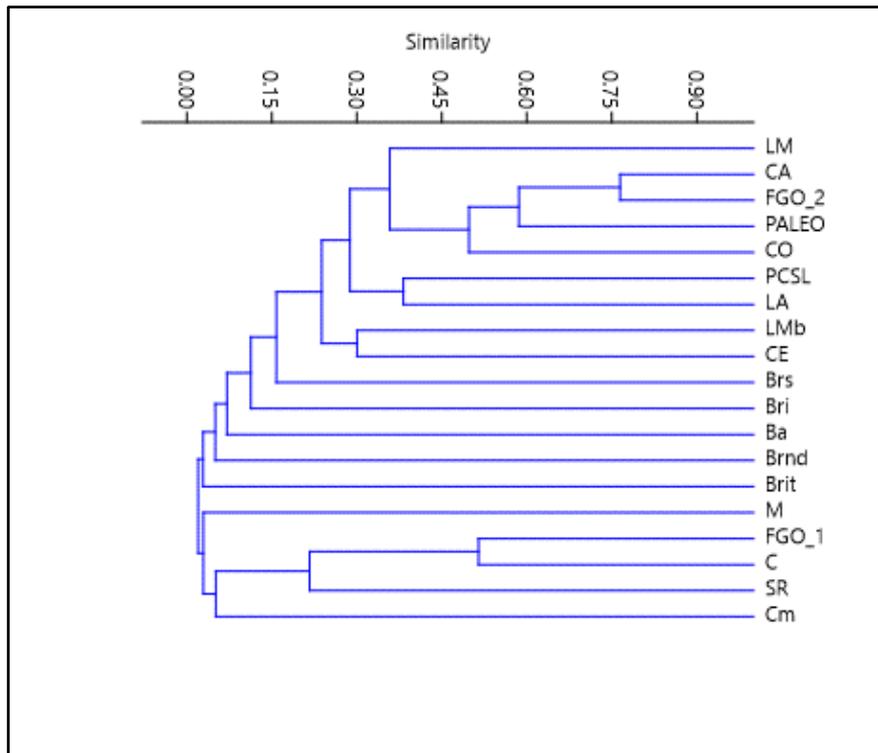


Figura 30 Dendrograma de clúster jerárquico para para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).

Matriz de Similitud para los datos procedentes de Gazzan et al (2022)

La coocurrencia de cerritos (CE) fue evaluada en función de la matriz de similitud considerando únicamente aquellas variables que presentaran valores por encima del promedio. Los valores obtenidos fueron bajos, pero apuntan a que los cerritos (CE) coocurren con: Formación geológica sedimentaria (FGO_2) (0,51), Cursos de Agua (CA) (0,46), Paleocauces (PALEO) (0,46), Llanura media encharcada (LMb) (0,34), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) (0,32), Corredores (CO) (0,29), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) (0,28), Formación geológica ígnea volcánica (FGO_1) (0,26) y Colinas cristalinas (C) (0,24) (Tabla 33).

Tabla 33 Índice de similitud para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).

Valores	CO	CA	PALEO	PCSL	FGO_1	FGO_2	SR	Cm	C	M	LA	LM	LMb	Brit	Bri	Ba	Brnd	Brs	CE
CO	1	0,42145977	0,38259089	0,612031	0,07786464	0,48679376	0	0	0,174866	0	0,28419928	0,18050333	0,20001235	0,10482848	0,05122735	0,13409705	0,06988566	0,37005403	0,29183015
CA	0,42145977	1	0,5594128	0,33827187	0,05239176	0,74167671	0	0	0,07353736	0,05132143	0,2003314	0,28961846	0,35887913	0,07053456	0,3791554	0,27068434	0,18809216	0,29049228	0,46873011
PALEO	0,38259089	0,5594128	1	0,27806201	0,14336583	0,71928276	0,07018624	0	0,16098327	0,13618131	0,13591507	0,27889184	0,40918496	0,07018624	0,4287307	0,08978254	0,14037248	0,24776378	0,46011246
PCSL	0,612031	0,33827187	0,27806201	1	0,03872016	0,50083542	0	0	0,06521739	0	0,34994824	0,20713807	0,25417856	0,10425721	0,12737045	0,13336627	0	0,16357216	0,28087721
FGO_1	0,07786464	0,05239176	0,14336583	0,03872016	1	0	0,43328912	0	0,61952247	0,1351132	0	0,02459595	0,01968367	0	0,0226863	0	0	0	0,26681494
FGO_2	0,48679376	0,74167671	0,71928276	0,50083542	0	1	0,03558403	0	0,07790773	0,18123832	0,41344912	0,39591052	0,49789081	0,05337605	0,43038089	0,25035587	0,16012815	0,27216553	0,51767758
SR	0	0	0,07018624	0	0,43328912	0,03558403	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14967109
Cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0,174866	0,07353736	0,16098327	0,06521739	0,61952247	0,07790773	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,24342691
M	0	0,05132143	0,13618131	0	0,1351132	0,18123832	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,02178034
LA	0,28419928	0,2003314	0,13591507	0,34994824	0	0,41344912	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,09274778
LM	0,18050333	0,28961846	0,27889184	0,20713807	0,02459595	0,39591052	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,19031443
LMb	0,20001235	0,35887913	0,40918496	0,25417856	0,01968367	0,49789081	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,34268623
Brit	0,10482848	0,07053456	0,07018624	0,10425721	0	0,05337605	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,08980265
Bri	0,05122735	0,3791554	0,4287307	0,12737045	0,0226863	0,43038089	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,3291342
Ba	0,13409705	0,27068434	0,08978254	0,13336627	0	0,25035587	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,13402193
Brnd	0,06988566	0,18809216	0,14037248	0	0	0,16012815	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Brs	0,37005403	0,29049228	0,24776378	0,16357216	0	0,27216553	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CE	0,29183015	0,46873011	0,46011246	0,28087721	0,26681494	0,51767758	0,14967109	0	0,24342691	0,02178034	0,09274778	0,19031443	0,34268623	0,08980265	0,3291342	0,13402193	0	0,12328224	1

De acuerdo con el ACoP, la presencia de cerritos tiene una cierta asociación con Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura alta continental (LA), Corredores (CO) y Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL). No obstante, las asociaciones más fuertes se dan con las variables Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Llanura media continental (LM), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), Cursos de Agua (CA), Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

El análisis de clústeres, por su parte, indica que la ocurrencia de cerritos tiene asociación (a niveles bajos) con Llanura media encharcada (LMb), Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), Corredores (CO), Paleocauces (PALEO), Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA) y Llanura media continental (LM).

La cuantificación de la similitud mostró valores bajos de coocurrencia, pero indicó que los cerritos están asociados principalmente con Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Corredores Biológicos (CO), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), Formación geológica ígneo volcánica (FGO_1) y Colinas cristalinas (C).

En conjunto, los cerritos muestran una fuerte relación con la presencia de agua (cursos actuales y paleocauces), zonas bajas donde dominan formaciones sedimentarias, y consistentemente se asocian con áreas encharcadas y corredores biológicos a través de distintos métodos de análisis.

IMPB Total:

Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) sobre los datos de IMPB Total

Las variables fueron representadas gráficamente para las dos primeras coordenadas (Figura 35), las cuales explicaron el 27 % de la variabilidad total (Tabla 34). La Coordenada 1 representa el 18% y la Coordenada 2 el 9%. También se examinó la contribución específica de cada variable a estas coordenadas (Tabla 35).

Las variables Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), Lomadas (M), Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), Bañados encharcados no diferenciados (Brnd) y Bañados de arroyos (Ba) se encuentran en sentido positivo de ambas Coordenadas. En el lado positivo de la Coordenada 2 pero del negativo de la Coordenada 1 están: Formación geológica ígneo volcánica (FGO_1), Sierras (SR) y Colinas cristalinas (C).

En el lado positivo de la Coordenada 1 pero en el negativo de la Coordenada 2 se ubican: Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) y Corredores (CO). En sentido negativo respecto a ambas Coordenadas se hallan: Bañados de arroyos (Ba), cerritos (CE), Llanura media encharcada (LMb), Llanura media

continental (LM), Paleocauces (PALEO), Cursos de Agua (CA) y Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

De acuerdo con el Diagrama de dispersión los cerritos (CE) comparten cierta asociación con Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) y Corredores (CO), pero la asociación más fuerte se da con Bañados de arroyos (Ba), Llanura media encharcada (LMb), Llanura media continental (LM), Paleocauces (PALEO), Cursos de Agua (CA) y Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

Tabla 34 Resumen del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de IMPB Total.

Componente	Valor propio	Porcentaje
1	1,4188	18,3560
2	0,7003	9,0606
3	0,6487	8,3924
4	0,6010	7,7753
5	0,5437	7,0344
6	0,5144	6,6552
7	0,5011	6,4835
8	0,5000	6,4688
9	0,5000	6,4688
10	0,5000	6,4688
11	0,5000	6,4688
12	0,2169	2,8057
13	0,1537	1,9882
14	0,1130	1,4615
15	0,0784	1,0144
16	0,0397	0,5138
17	0,0000	0,0000
18	-0,0503	-0,6503
19	-0,1495	-1,9336

Tabla 35 Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes de IMPB Total.

Valores	Coord 1	Coord 2	Coord 3	Coord 4	Coord 5	Coord 6	Coord 7	Coord 8	Coord 9	Coord 10	Coord 11	Coord 12	Coord 13	Coord 14	Coord 15	Coord 16	Coord 17
CO	-0.23974	0.00078571	-0.089558	0.20442	0.24852	-0.012265	-0.0089957	1,83E-06	1,64E-06	7,57E-07	-6,85E-08	0.23729	0.45367	-0.31106	0.59841	-0.24568	0.22942
CA	-0.27206	-0.082758	0.054774	0.035782	-0.06886	-0.14982	0.011711	-1,44E-06	-2,12E-06	-2,44E-07	-4,80E-08	-0.24769	0.067746	-0.51743	-0.19397	0.52068	0.22942
PALEO	-0.20326	-0.16747	0.19311	0.075713	-0.009298	0.093666	0.033079	-1,01E-06	-8,38E-07	-1,60E-06	2,51E-07	-0.21096	0.049052	0.69656	0.38134	0.33493	0.22942
PCSL	-0.18131	0.11339	-0.47879	-0.093921	-0.011798	0.034529	0.015377	7,04E-06	3,13E-06	3,58E-06	7,78E-08	0.61415	0.18191	0.26644	-0.34481	0.23415	0.22942
FGO_1	0.48251	-0.30344	-0.13697	0.15846	-0.031165	-0.015636	0.00142	4,31E-07	-9,66E-07	1,08E-06	1,88E-08	-0.023247	0.084387	-0.11621	0.090387	0.40288	0.22942
FGO_2	-0.3279	-0.045374	0.020905	0.093357	-0.14439	0.04183	-0.027646	-2,58E-06	-1,26E-06	-2,02E-07	8,04E-08	-0.15456	-0.12241	0.04798	-0.20662	-0.40937	0.22942
SR	0.35082	-0.14628	-0.065122	0.11619	-0.1155	-0.28772	-0.29811	0.084791	0.295	0.56441	-0.083245	0.017248	0.034898	0.094816	-0.039651	-0.22597	0.22942
Cm	0.25152	0.26957	0.14285	0.0433	-0.28929	0.052174	0.10038	-0.30517	0.14638	-0.37402	-0.62306	0.11485	-0.034425	-0.029205	0.085358	-0.043305	0.22942
C	0.33932	-0.33019	-0.20247	0.061052	0.24088	0.06966	0.27844	-0.021131	-0.3409	-0.34675	0.16344	-0.14515	0.065134	0.064993	-0.17362	-0.28105	0.22942
M	0.19023	0.23976	0.23186	0.12323	-0.28778	0.57391	-0.25747	0.21838	-0.026706	0.053028	0.45083	0.15017	-0.033738	-0.11046	0.022267	0.015711	0.22942
LA	-0.17343	0.18694	-0.55422	0.2552	-0.21692	0.15379	0.091418	0.13181	-0.096313	0.13147	-0.14856	-0.36686	-0.26203	-0.032637	0.089445	-0.05415	0.22942
LM	-0.14832	-0.16405	0.22703	-0.041201	-0.39412	-0.31529	-0.25498	-0.27866	-0.50515	-0.01836	0.075235	0.079907	0.12995	0.029067	-0.089928	-0.11133	0.22942
LMb	-0.14346	-0.22529	0.055779	-0.18523	0.16081	0.052597	-0.36527	0.33398	0.4165	-0.39772	-0.15222	-0.15104	0.14744	0.021816	-0.21038	-0.096888	0.22942
Brit	0.14718	0.42042	-0.095518	-0.45799	0.40086	0.049391	-0.37692	-0.19644	-0.26806	0.12152	-0.05427	-0.26898	0.028206	0.017745	0.052463	0.053561	0.22942
Bri	-0.0091128	-0.078092	0.25468	-0.41207	-0.064002	0.28971	0.52749	0.14948	-0.026106	0.41411	-0.17597	-0.023389	0.24864	-0.06879	-0.1144	-0.082134	0.22942
Ba	0.044859	0.24755	-0.07852	-0.24544	-0.16066	-0.3455	0.30466	-0.21348	0.43074	-0.14982	0.53261	-0.13361	0.015641	0.031571	0.10235	-0.059906	0.22942
Brnd	0.067135	0.36059	0.27818	0.19509	0.21206	-0.43882	0.17526	0.56486	-0.21057	-0.06455	-0.048601	0.12473	-0.17106	0.065401	-0.050663	0.037151	0.22942
Brs	-0.093947	0.034913	0.2537	0.41947	0.45103	0.14672	0.063913	-0.46841	0.18519	0.17273	0.063822	0.063028	-0.18174	0.0059266	-0.28216	0.012659	0.22942
CE	-0.081038	-0.33098	-0.011698	-0.34542	0.079596	-0.0070799	-0.01376	1,83E-06	2,89E-06	1,24E-08	1,12E-08	0.32411	-0.70127	-0.15653	0.2842	-0.0019279	0.22942

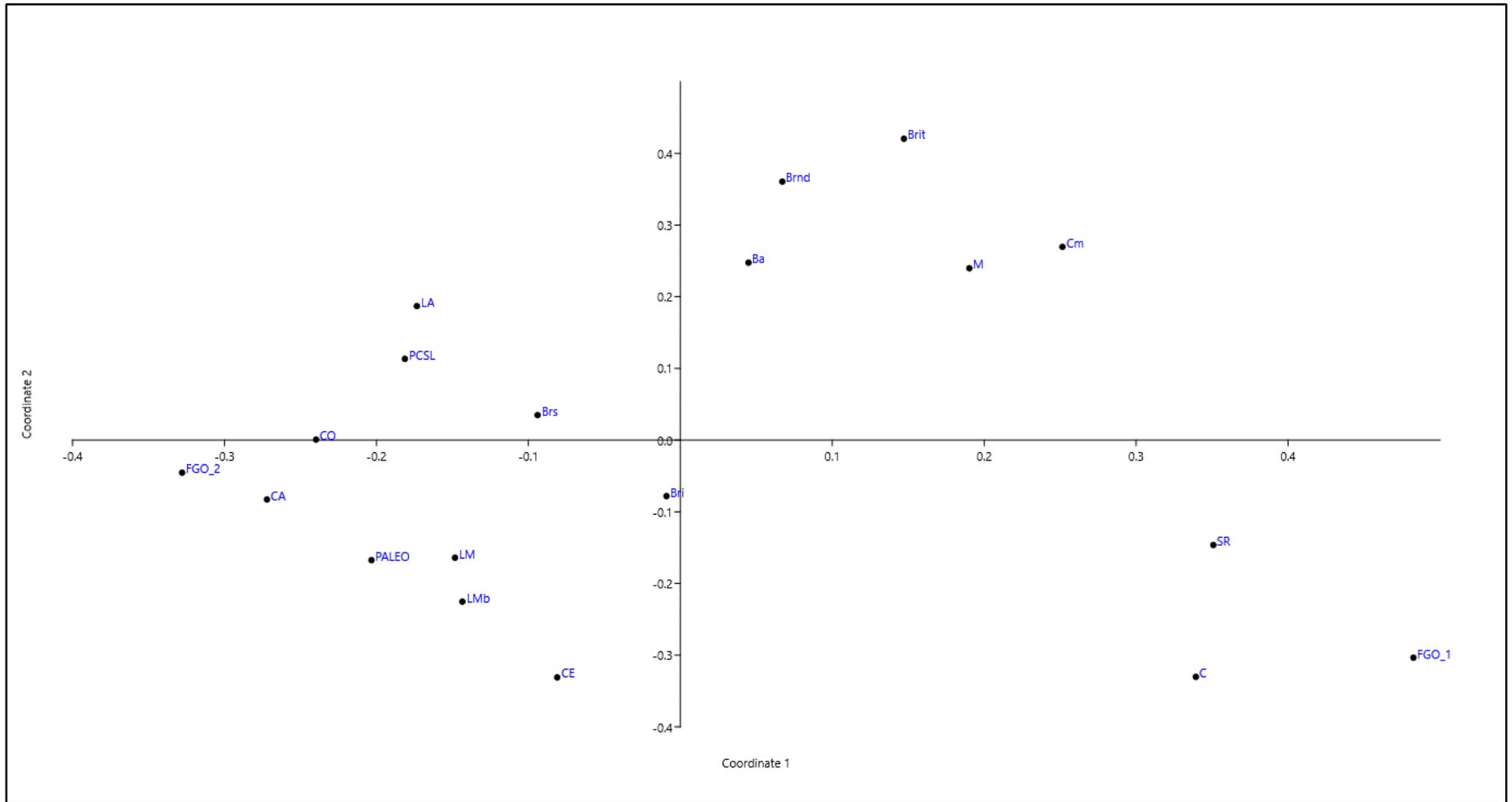


Figura 31 Diagrama de dispersión del Análisis de Coordenadas Principales (ACoP) para los datos procedentes IMPB Total.

Análisis de Clúster jerárquico para los datos procedentes de IMPB Total

Se construyó un dendrograma (Figura 32) y se obtuvo un alto coeficiente de correlación cofenética (0,8555), lo cual otorga un alto grado de fidelidad a las asociaciones representadas en el dendrograma.

La mayoría de los datos se agrupa a niveles muy bajos (0,15<), conformando dos grandes ramas.

El primer gran ramal se ubica próximo a 0, de él se desprenden dos ramas, una que contiene a Lomadas (M) como única variable y la otra constituye su propio ramal. Éste se bifurca a un nivel de 0 a 0,15 del cual se desprende Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), el otro lado de la bifurcación contiene su propio ramal. Entre 0,15 y 0,30, Sierras (Sr) se presenta como hoja única. A niveles más altos entre 0,45 y 0,60 se bifurcan Colinas cristalinas (C) y Formación geológica ígneo volcánica (FGO_1).

En orden ascendente del segundo ramal se van desprendiendo a niveles de 0 a 0,15 Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), Bañados encharcados no diferenciados (Brnd), Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) y Bañados encharcados temporalmente secos (Brs). Entre 0,15 y 0,30 ocurre una bifurcación de la cual se desprende otro clúster, a niveles de 0,30 a 0,45 se bifurcan Llanura alta continental (LA) y Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) como hojas únicas. Del otro lado del ramal, próximo a niveles de 0,30 se da una nueva bifurcación de la cual surge Llanura media encharcada (LMb). En el mismo rango, pero a un nivel superior surge un nuevo ramal del cual se separan cerritos (CE) y una nueva bifurcación de la cual surge Llanura media continental (LM) con niveles levemente superiores. Entre 0,45 y 0,60 surge un ramal que tiene por un lado a Corredores (CO) como hoja y por el otro se abre en nuevas ramas. A partir de 0,60 se forma otro clúster que tiene a Paleocauces (PALEO) como hoja única. Del otro lado del ramal a niveles superiores a 0,75 se forma un clúster que incluye a Formación geológica sedimentaria (FGO_2) y Cursos de Agua (CA).

Los resultados expresados por el dendrograma indican una asociación de los cerritos (CE) con Corredores (CO), Paleocauces (PALEO), Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA) y Llanura media continental (LM) a niveles próximos a 0,30, que aún a niveles bajos es la más alta de las tres bases de datos analizadas por este método.

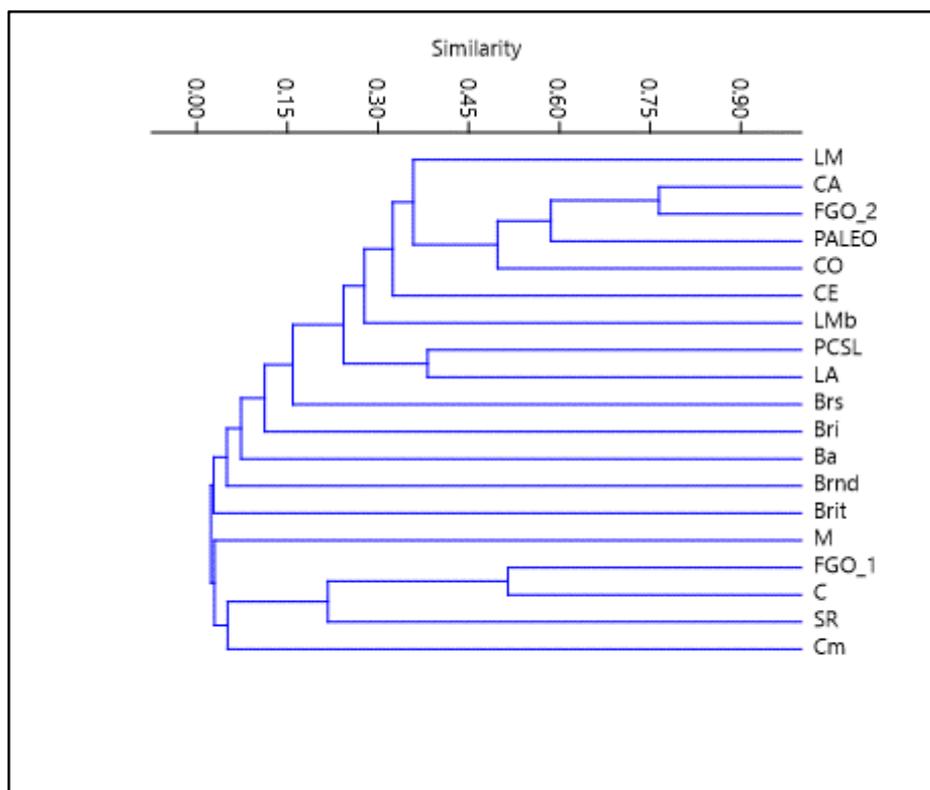


Figura 32 Dendrograma de clúster jerárquico para para los datos procedentes de IMPB Total.

Matriz de Similitud para los datos procedentes de IMPB Total

La coocurrencia de cerritos (CE) se evaluó en función de la matriz de similitud y distancia, considerando únicamente aquellas variables que presentaban valores por encima del promedio. En ningún caso la asociación sobrepasó un índice de similitud de 0,5. Las variables asociadas son: Formación geológica sedimentaria (FGO_2) (0,41), Cursos de Agua (CA) (0,36), Paleocauces (PALEO) (0,35), Llanura media encharcada (LMb) (0,29), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL) (0,27), Corredores (CO) (0,26), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) (0,23), Llanura media continental (LM) (0,22) (Tabla 36).

Tabla 36 Índice de similitud para los datos procedentes de IMPB Total.

Valores	CO	CA	PALEO	PCSL	FGO_1	FGO_2	SR	Cm	C	M	LA	LM	LMb	Brit	Bri	Ba	Brnd	Brs	CE
CO	1	0,51033383	0,43021155	0,39828566	0,04725417	0,55311312	0,02030065	0	0,07231606	0,03291317	0,2893861	0,19201255	0,2581302	0,06884284	0,10213873	0,08520716	0,14989318	0,3297016	0,26972669
CA	0,51033383	1	0,50277548	0,30655711	0,0683	0,76478068	0,04401307	0,03902857	0,03919644	0,04162539	0,3438333	0,42020409	0,35511447	0,04975186	0,21755818	0,19499747	0,16248889	0,26839747	0,36576398
PALEO	0,43021155	0,50277548	1	0,2383272	0,09384963	0,66923058	0,04980497	0,05520567	0,09610139	0,1143932	0,23465136	0,32953313	0,33063257	0,02814948	0,25498016	0,11032908	0,12258107	0,30991554	0,35441452
PCSL	0,39828566	0,30655711	0,2383272	1	0,01844905	0,4079584	0	0	0,03705681	0	0,38203444	0,11825602	0,15724052	0,09407209	0,07345796	0,13583913	0,01280159	0,06732047	0,27332532
FGO_1	0,04725417	0,0683	0,09384963	0,01844905	1	0	0,4337362	0,15384615	0,5150262	0,11720181	0,0139727	0,00770417	0,01771925	0	0,0153141	0,02022784	0	0,01079584	0,14677003
FGO_2	0,55311312	0,76478068	0,66923058	0,4079584	0	1	0,0456718	0,06834282	0,04575785	0,13883831	0,54070457	0,49130604	0,42505518	0,03872016	0,24490642	0,18370923	0,14226693	0,3495618	0,4107989
SR	0,02030065	0,04401307	0,04980497	0	0,4337362	0,0456718	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,07788924
Cm	0	0,03902857	0,05520567	0	0,15384615	0,06834282	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0,07231606	0,03919644	0,09610139	0,03705681	0,5150262	0,04575785	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15029153
M	0,03291317	0,04162539	0,1143932	0	0,11720181	0,13883831	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0105234
LA	0,2893861	0,3438333	0,23465136	0,38203444	0,0139727	0,54070457	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,0940943
LM	0,19201255	0,42020409	0,32953313	0,11825602	0,00770417	0,49130604	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,22135922
LMb	0,2581302	0,35511447	0,33063257	0,15724052	0,01771925	0,42505518	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0,29433291
Brit	0,06884284	0,04975186	0,02814948	0,09407209	0	0,03872016	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0,08804509
Bri	0,10213873	0,21755818	0,25498016	0,07345796	0,0153141	0,24490642	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,23375566
Ba	0,08520716	0,19499747	0,11032908	0,13583913	0,02022784	0,18370923	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,09989274
Brnd	0,14989318	0,16248889	0,12258107	0,01280159	0	0,14226693	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0,01198142
Brs	0,3297016	0,26839747	0,30991554	0,06732047	0,01079584	0,3495618	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1066279
CE	0,26972669	0,36576398	0,35441452	0,27332532	0,14677003	0,4107989	0,07788924	0	0,15029153	0,0105234	0,0940943	0,22135922	0,29433291	0,08804509	0,23375566	0,09989274	0,01198142	0,1066279	1

A partir del ACoP se determinó que los cerritos tienen un cierto grado de asociación con Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura alta continental (LA), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), y Corredores (CO) pero la asociación es más fuerte con Bañados de arroyos (Ba), Llanura media encharcada (LMb), Llanura media continental (LM), Paleocauces (PALEO), Cursos de Agua (CA) y Formación geológica sedimentaria (FGO_2).

Por su parte el análisis de clúster indica una asociación de los cerritos con Corredores (CO), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) y Llanura media continental (LM). Los valores obtenidos son bajos, pero son los más altos en las tres bases de datos.

La matriz de similitud apunta a una coocurrencia de cerritos (aunque con valores bajos) con: Formación geológica sedimentaria (FGO_2), Cursos de Agua (CA), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), PCSL, Corredores (CO), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) y Llanura media continental (LM).

A modo de síntesis se puede decir que los cerritos muestran una fuerte relación con la presencia de agua (cursos actuales y paleocauces) y zonas bajas de formaciones sedimentarias, y consistentemente se asocian con áreas encharcadas y corredores biológicos a través de los distintos métodos de análisis.

V.f. Patrones de distribución:

Bracco (2019):

Análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) sobre los datos de Bracco (2019)

El VMP para la red de nodos de Bracco (2019) destaca algunos puntos relevantes para la distribución de cerritos en esta base de datos (Tabla 37).

Tabla 37 Resultados del análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) para Bracco (2019).

Distancia media observada (m)	244,98
Distancia media esperada (m)	691,24
Índice de vecino más cercano	0,35
Número de puntos	638
Puntaje-Z	-31,20

En este caso, la distancia media observada (244,98 m) es significativamente menor que la distancia media esperada (691,24 m). Esto sugiere que los puntos están más cerca entre sí de lo que se esperaría en una distribución aleatoria.

El índice de VMP es 0,35, lo que claramente indica un patrón de agrupamiento, ya que es mucho menor que 0,71. A su vez el puntaje Z de -31,20 es extremadamente significativo y refuerza la conclusión de que los puntos están fuertemente agrupados.

En resumen, los resultados del análisis de VMP realizado para la red de puntos de Bracco (2019) proporcionan evidencia clara de un alto nivel de agrupamiento.

Agregados por Vecino Más Próximos (VMP) sobre los datos de Bracco (2019)

A partir de la distancia media observada de 244,98 m se generaron agregados de puntos. Se obtuvo un total de 99 agregados (Tabla 38) que agrupan 506 cerritos (79,31%) y 132 cerritos (20,69%) aislados.

Los agregados más frecuentes son de 2 (48), con 96 cerritos. Le siguen los agregados de 4 y 3 (12) que agrupan 48 y 36 cerritos respectivamente. En menor frecuencia se dan agregados de 5 (7) que contienen 35 cerritos. Los agregados de 6 (5) reúnen 30 cerritos. Los de 11 (3) cuentan con 33 cerritos. Luego se dan agregados de 15, 10 y 7 con una misma frecuencia (2) y agrupan 30, 20 y 14 cerritos respectivamente. Los agregados de 20, 23, 27, 30 y 52 tienen ocurrencia única.

Tabla 38 Agregados por Vecino Más Próximo (VMP) sobre los datos de Bracco (2019).

Agregados por número de cerritos	Número de agregados	Número de cerritos por tipo de agregado
52	1	52
30	1	30
27	1	27
23	1	23
20	1	20
12	1	12
15	2	30
10	2	20
7	2	14
11	3	33
6	5	30
5	7	35
4	12	48
3	12	36
2	48	96

Total	99	506
-------	----	-----

Sumando el área de todos los polígonos se obtiene un total de 181,15 km², lo cual representa un 13,06% de IMPB. En primera instancia podría no parecer importante. Sin embargo, si tenemos en cuenta que para Bracco (2019) los cerritos tienen una distancia media de 244,98 m y que su distribución rellena los vacíos entre corredores biológicos, esta superficie se vuelve mucho más relevante.

Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) sobre los datos de Bracco (2019)

A partir de la DMO se generaron agregados de puntos. Se obtuvo un total de 95 agregados (Tabla 39) que agrupan 487 cerritos (76,33%) y 151 cerritos (23,67%) aislados.

Dominan los agregados de 2 (48), con 96 cerritos. Siguen los agregados de 4 y 3 (11) con 44 y 33 cerritos respectivamente. En menor frecuencia ocurren agregados de 6 y 5 (5) que contienen 30 y 25 cerritos. Los agregados de 11 (3) reúnen 33 cerritos. En igual frecuencia (2) se dan agregados de 14, 10 y 7, con 28, 20 y 14 cerritos respectivamente. Con único ejemplar se observan agregados de 12, 20, 23, 27, 30 y 52.

Tabla 39 Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) para Bracco (2019).

Agregados por número de cerritos	Número de agregados	Número de cerritos por tipo de agregado
52	1	52
30	1	30
27	1	27
23	1	23
20	1	20
14	2	28
12	1	12
11	3	33
10	2	20
7	2	14
6	5	30
5	5	25
4	11	44
3	11	33
2	48	96
Total	95	487

Los 5 agregados más grandes corresponden en su mayoría a sitios conocidos (Figura 33):

- Martínez Damonte (MD) cuenta con 52 cerritos en un área de 21,09 km², con una densidad de 2,46 c/km².
- Campo Alto (CA) cuenta con dos agregados, uno de 30 cerritos en una superficie de 22,79 km² y otro de 27 en un área de 18,61 km², presentando densidades de 1,31 c/km² y 1,45 c/km².
- Los Ajos (LA) presenta 27 cerritos en un área de 5,88 km², otorgándole la más alta densidad de los agregados considerados con de 4,59 c/km².
- Un sitio sin nombre (SN) ubicado 2 km al norte del río San Luis, pero se puede observar que en algún momento estuvo conectado al mismo a través de paleocauces. Cuenta con 20 cerritos en un área de 17,20 km², siendo su densidad de 1,16 c/km².

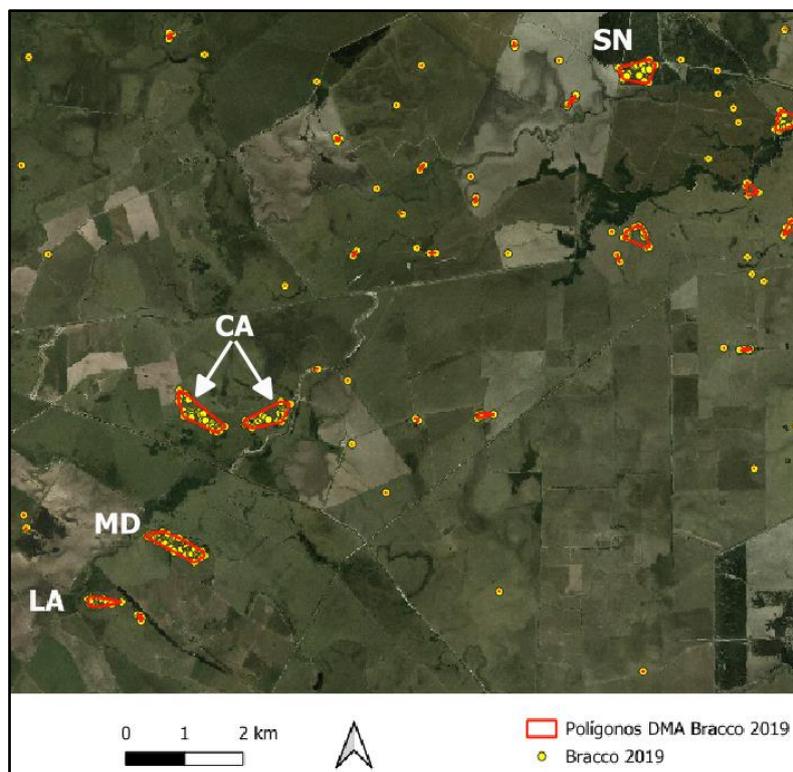


Figura 33 Agregados de mayor número de cerritos sobre los datos de Bracco (2019).

Análisis de Índice relativo de centralidad (IRC) sobre los datos de Bracco (2019)

En la Figura (34) se presenta el IRC en función de las zonas geomorfológicas definidas por Sombroek (1969).

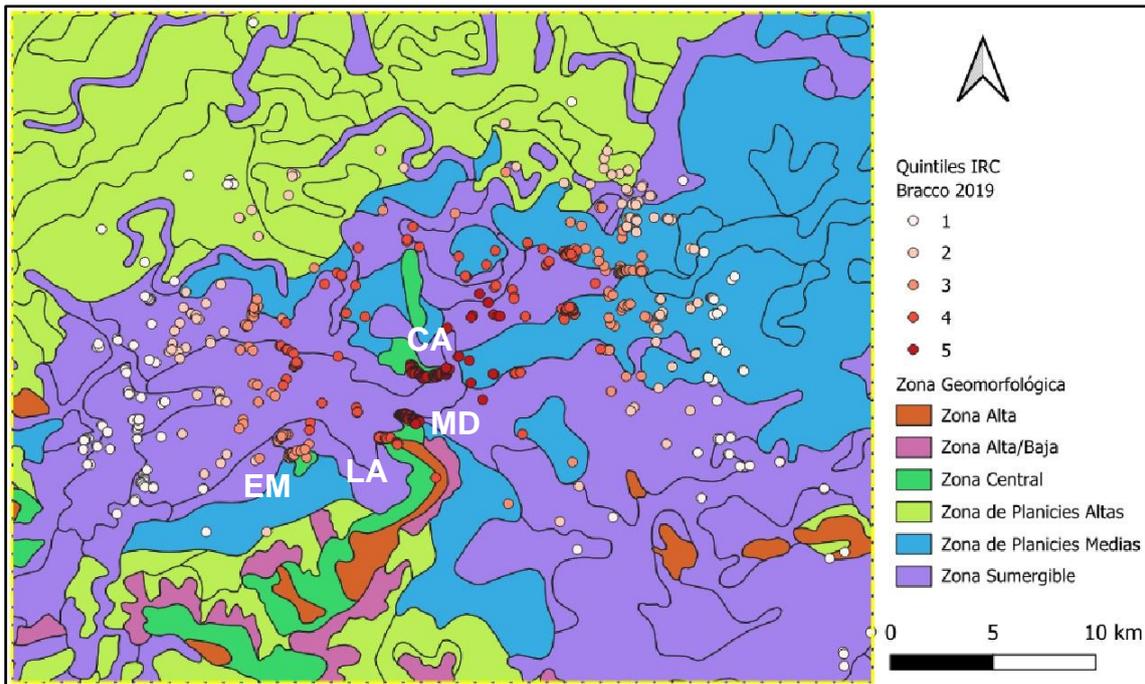


Figura 34 Índice Relativo de Centralidad sobre los datos de Bracco (2019).

El primer quintil se distribuye principalmente en la Zona Sumergible y la Zona de Planicies Medias, ocupando en menor medida partes de la Zona de Planicies Altas. El segundo quintil sigue un patrón similar, manteniendo una distribución mayoritaria en las Zonas Sumergible y de Planicies Medias. El tercer quintil se ubica casi exclusivamente en la Zona Sumergible y la Zona de Planicies Medias, con la excepción de un foco en el sitio Estancia Mal Abrigo (EMA). El cuarto quintil muestra una distribución predominantemente en la Zona Sumergible y la Zona de Planicies Medias en proporciones similares, con un pequeño foco en la Zona Central, próximo al sitio Los Ajos (LA). En cuanto al quintil superior del IRC, los puntos se concentran en la Zona Central, especialmente cerca de los sitios Campo Alto (CA) y Martínez Damonte (MD).

En términos generales, se observa que el IRC es más alto en el centro de IMPB, con los valores más elevados en las zonas de cotas más altas, y que disminuyen hacia los extremos de la zona, en cotas cada vez más bajas.

Gazzan et al (2022):

Análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) sobre los datos de Gazzan et al (2022)

El VMP para la red de puntos de Gazzan et al (2022) presenta algunas diferencias respecto a Bracco (2019) que responden principalmente al número de nodos y el área relevada (Tabla 40).

Tabla 40 Resultados del análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) para Gazzan et al (2022).

Distancia media observada (m)	115,54
Distancia media esperada (m)	361,13
Índice de vecino más cercano	0,32
Número de puntos	671
Puntaje-Z	-33,70

La distancia media esperada es de 361,13 mientras que la distancia media observada es de 115,54. El índice de Índice VMP es de 0,32 con un puntaje Z de -33,70. Lo cual indica un alto nivel de agrupamiento.

La diferencia entre la distancia esperada en una distribución aleatoria y la real es significativa. Este notable contraste indica que los puntos están mucho más próximos entre sí de lo que se esperaría si estuvieran distribuidos al azar.

Estos resultados en conjunto indican un alto grado de agrupamiento en la distribución espacial de los puntos.

Agregados por Vecino Más Próximos (VMP) sobre los datos de Gazzan et al (2022)

A partir de la distancia media observada de 115,54 m se generaron agregados de puntos. Se obtuvo un total de 82 agregados (Tabla 41) que agrupan 549 cerritos (81,82%) y 122 cerritos (18,18%) aislados.

Los agregados que ocurren con mayor frecuencia son los de 2 (27) que contienen 54 cerritos. Le siguen los agregados de 4 (14) que agrupan 56 cerritos. Continúan los agregados de 3 (9) que reúnen 27 cerritos. En menor medida se dan agregados de 7 (6) que concentran 42 cerritos. Los agregados de 5 (5) tienen 25 cerritos. Los agregados de 10 y 8 ocurren con la misma frecuencia (3), contando con 30 y 24 cerritos respectivamente. Los agregados de 11 y 6 se dan el mismo número de veces (2) contando con 22 y 12 cerritos respectivamente. Los agregados de 9, 13, 14, 16, 17, 20, 23, 28, 29, 30 y 58 ocurren una única vez.

Tabla 41 Agregados por Vecino Más Próximo (VMP) sobre los datos de Gazzan et al (2022).

Agregados por número de cerritos	Número de agregados	Número de cerritos por tipo de agregado
58	1	58
30	1	30
29	1	29
28	1	28
23	1	23
20	1	20

17	1	17
16	1	16
14	1	14
13	1	13
11	2	22
10	3	30
9	1	9
8	3	24
7	6	42
6	2	12
5	5	25
4	14	56
3	9	27
2	27	54
Total	82	549

La capa de polígonos generada a partir de los agregados permite estimar el área mínima que conforma el conjunto de parches. Sumando el área de todos los polígonos se obtiene un total de 117,72 km², lo cual representa un 30,97% de IM. Al tratarse de un área menor, la superficie de estos parches resulta significativa, cubriendo aproximadamente un tercio. Teniendo en cuenta que la distancia mínima observada es de 115,54 m se puede afirmar que los cerritos en IM conforman una red de parches muy bien conectados. Si consideramos que a modo general se encuentran en los vacíos dejados por los corredores biológicos actuales se puede comenzar a dimensionar el valor que tienen en el mantenimiento de la conectividad.

Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) sobre los datos de Gazzan et al (2022)

Un nuevo conjunto de agregados fue construido a partir de la DMO (Tabla 42) obteniendo 73 agregados que contienen 588 cerritos (87,63%) y 83 cerritos (12,37%) aislados.

Son más frecuentes los agregados de 2 (23) que reúnen 46 cerritos. Le siguen los agregados de 4 (13) que concentran 52 cerritos. Continúan los agregados de 3 (8) con 24 cerritos. Los agregados de 5 (6) agrupan 30 cerritos. Por su parte los agregados de 7 (4) concentran 28 cerritos. Mientras que los agregados de 6 (3) cuentan con 18 cerritos. Los agregados de 58, 14 y 10 se dan el mismo número de veces (2), conteniendo respectivamente 116, 28 y 20 cerritos. Por último, los agregados de 8, 9, 11, 15, 16, 23, 25, 30, 34 y 55 tienen una única presencia.

Tabla 42 Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) para Gazzan et al (2022).

Agregados por número de cerritos	Número de agregados	Número de cerritos por tipo de agregado
58	2	116

55	1	55
34	1	34
30	1	30
25	1	25
23	1	23
16	1	16
15	1	15
14	2	28
11	1	11
10	2	20
9	1	9
8	1	8
7	4	28
6	3	18
5	6	30
4	13	52
3	8	24
2	23	46
Total	73	588

Los 5 agregados mayores contienen 260 cerritos y corresponden a sitios ya conocidos (Figura 35):

- Martínez Damonte (MD) que contiene 58 cerritos en una superficie de 20,84 km², otorgándole una densidad de 2,78 c/km², siendo la más alta de los cinco.
- Los Ajos (LA) que cuenta con 58 cerritos en un área de 32,12 km², siendo su densidad de 1,80 c/km².
- Estancia Mal Abrigo (EMA) tiene un total de 55 cerritos en un área de 38,99 km², por lo tanto, su densidad es de 1,41 c/km².
- Campo Alto (CA) cuenta con dos agrupamientos, uno de 34 cerritos en un área de 32,48 km², y otro de 30 en un área de 24,71 km². Sus densidades son respectivamente de 1,03 c/km² y 1,21 c/km².

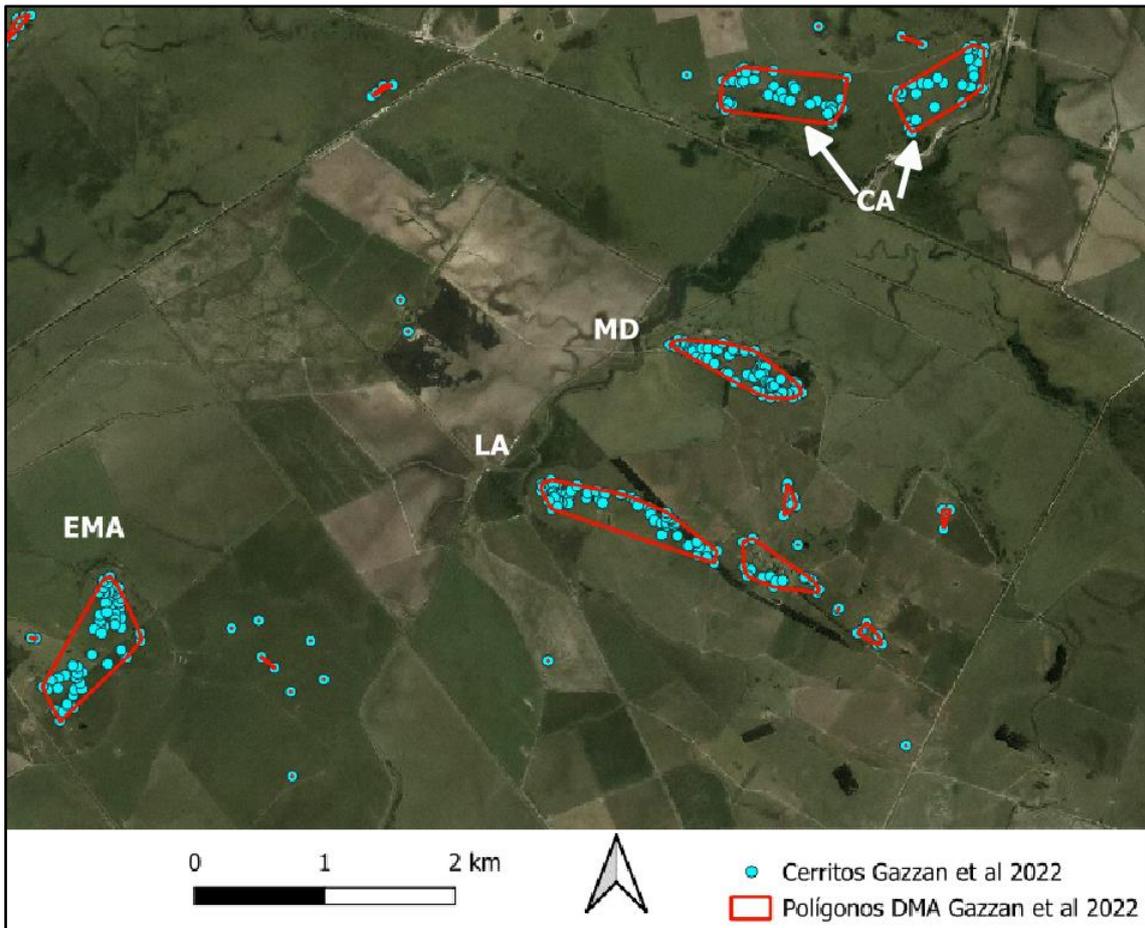


Figura 35 Agregados de mayor número de cerritos sobre los datos de Gazzan et al (2022).

Análisis de Índice relativo de centralidad (IRC) sobre los datos de Gazzan et al (2022)

En la Figura (36) se presenta el IRC y su distribución sobre las zonas geomorfológicas definidas por Sombroek (1969).

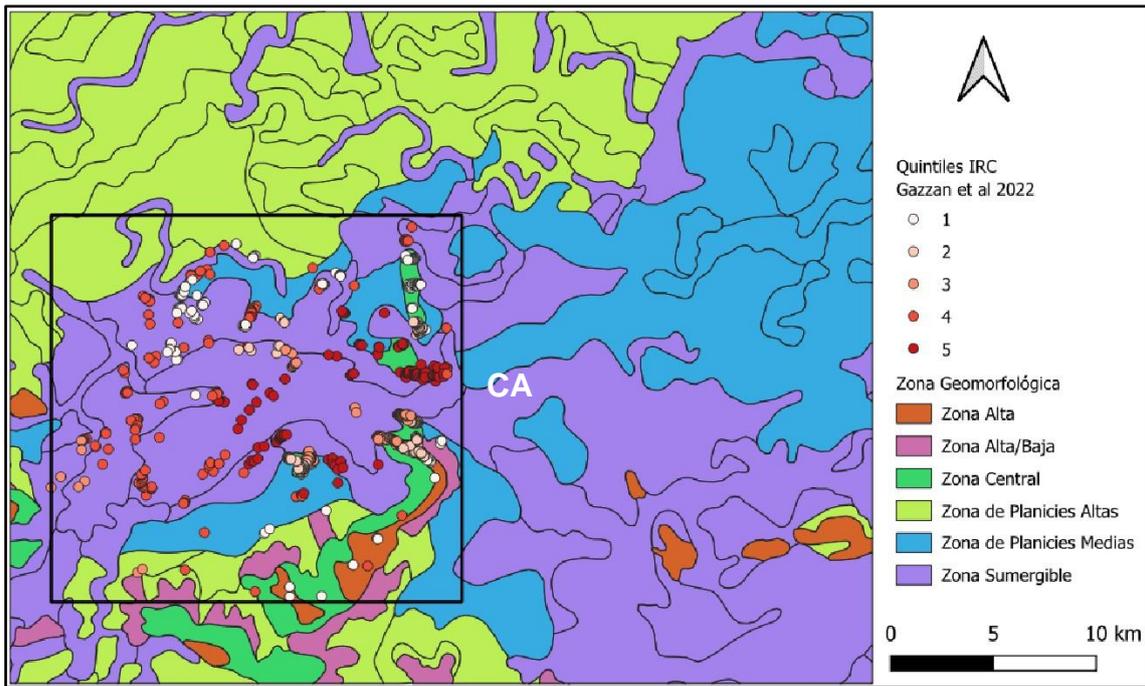


Figura 36 Índice Relativo de Centralidad sobre los datos de Gazzan et al (2022), el rectángulo negro delimita IM.

El primer quintil se ubica principalmente en la Zona Sumergible, en menor medida también está presente en la Zona Central y cuenta con algunos individuos en la Zona Alta. El segundo quintil se concentra en la Zona Central, principalmente en la Sierra de Los Ajos donde también se observan individuos en la Zona Alta. El tercer quintil se ubica principalmente en la Zona Central y Zona Sumergible. El cuarto quintil se ubica exclusivamente en la Zona Sumergible. Por último, el quintil superior muestra una distribución en partes equitativas en Zona sumergible y Zona Central, en esta última la mayor concentración se da en el sitio Campo Alto (CA), en el extremo este de la zona.

Se puede decir que el IRC emana desde el centro-este de IM en la Zona Central y disminuye hacia el oeste y cotas más bajas.

IMPB Total:

Análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) sobre los datos de IMPB IMPB Total

El VMP para IMPB total difiere en algunos aspectos respecto a Bracco (2019) y Gazzan et al (2022) al contar con un número mayor de puntos, notablemente presenta la mayor significancia estadística (tabla 43).

Tabla 43 Resultados del análisis de Vecinos Más Próximos (VMP) para IMPB Total.

Distancia media observada (m)	174,66
Distancia media esperada (m)	546,41
Índice de vecino más cercano	0,32
Número de puntos	1060
Puntaje-Z	-42,38

El análisis del vecino más próximo para IMPB Total revela una significativa diferencia entre la distancia media esperada (546,41 m) y la distancia media observada, con la observada siendo considerablemente menor (174,66 m). Esto indica que los puntos no están distribuidos aleatoriamente a lo largo del área de estudio, sino que tienden a agruparse en clústeres.

El índice de VMP de 0,32 refuerza esta observación, mostrando una fuerte tendencia hacia la agrupación (muy por debajo de 0,71). El puntaje Z de -42,38 es extremadamente bajo (el más bajo de las tres bases analizadas), lo que sugiere que la probabilidad de que esta agrupación sea producto del azar es prácticamente nula.

Agregados por Vecino Más Próximos (VMP) sobre los datos de IMPB Total

Se generaron agregados a partir de la distancia media observada en el análisis de VMP (174,66 m). Se obtuvo un total de 137 agregados (Tabla 44) que agrupan 967 cerritos (83,36%) y 193 cerritos se encuentran (16,64%) aislados.

La mayoría de los agregados caen dentro de la categoría de 2 (63) para un total de 126 cerritos. Los agregados de 4 (18) contienen 72 cerritos. Le siguen los agregados de 3 (16) que suman 48 cerritos. Continúan los agregados de 5 (12) que agrupan 60 cerritos. Le siguen los agregados de 7 (4) que incluyen 28 cerritos. Mientras tanto los agregados de 6 (3) que tienen un total de 18 cerritos. Los agregados de 23, 14, 11, 10 y 9 presentan la misma frecuencia (2), agrupando 46, 28, 22, 20 y 18 cerritos. Finalmente, los agregados de 12, 13, 15, 16, 20, 25, 47, 55, 56, 58 y 64 tienen una frecuencia de 1.

Tabla 44 Agregados por Vecino Más Próximos (VMP) sobre los datos de IMPB Total.

Agregados por número de cerritos	Número de agregados	Número de cerritos por tipo de agregado
64	1	64
58	1	58
56	1	56
55	1	55

47	1	47
25	1	25
23	2	46
20	1	20
16	1	16
15	1	15
14	2	28
13	1	13
12	1	12
11	2	22
10	2	20
9	2	18
7	4	28
6	3	18
5	12	60
4	18	72
3	16	48
2	63	126
Total	137	867

Se estimó el área mínima del conjunto de parches a partir de los polígonos generados por los agregados. El área total obtenida fue de 317,54 km², lo que representa un 22,91% del área total del IMPB. Dado que se trata de una red de puntos con índices claros de distribución agrupada y estadísticamente significativa, se la consideró como la más óptima para evaluar su potencial como conectores del paisaje a nivel local.

Para ilustrar este punto, se seleccionaron agregados de cerritos ubicados fuera de la capa de corredores biológicos. Por un lado, se eligieron agrupaciones con cobertura de monte y otras sin cobertura arbórea. Por otro lado, se seleccionaron agrupaciones de cerritos dentro de los corredores biológicos que destacan por su contraste con la matriz fuertemente perturbada, resaltando la importancia de los cerritos en la conservación de estos componentes estructurales del paisaje.

Actualmente, las agrupaciones de cerritos con cobertura boscosa forman parches de alta biodiversidad y, en algunos casos, son los únicos elementos boscosos en la matriz (ver Figura 37). Para los cerritos "pelados", su topografía impide que sean aprovechados por la agricultura (principalmente el cultivo de arroz), conformando los únicos parches de praderas o arbustivos (ver Figura 38). Incluso dentro de los corredores biológicos, el cambio en los usos del suelo ha perturbado la matriz de tal manera que los cerritos proporcionan continuidad y conexión a los corredores formados por los montes naturales y humedales (ver Figura 39).

Estas observaciones sugieren que los cerritos son elementos clave en la conectividad del paisaje a nivel local, desempeñando un papel crucial en la conservación de los principales atributos ecosistémicos de la zona.

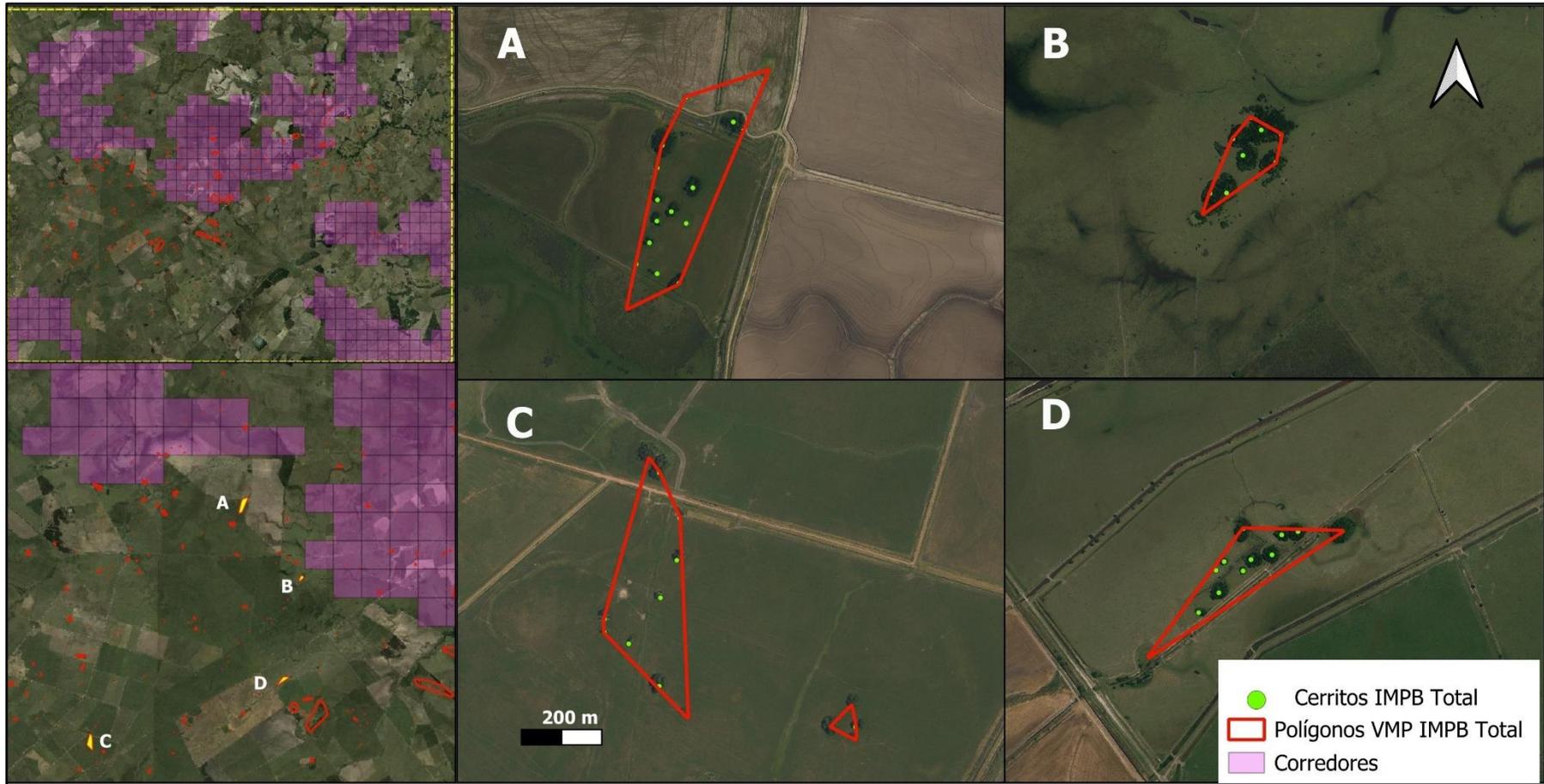


Figura 37 Agrupamientos de los cerritos como elementos boscosos en la matriz de IMPB.

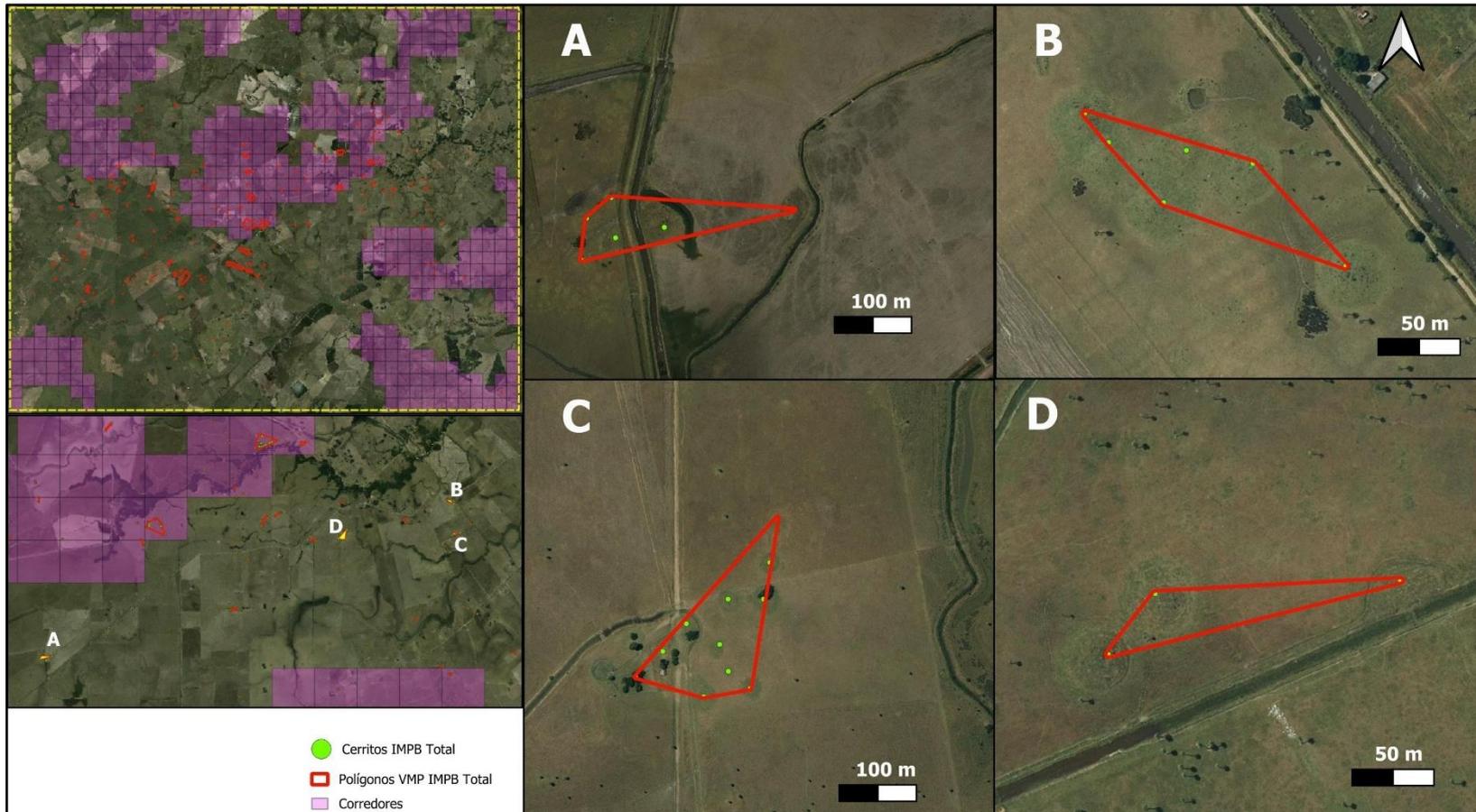


Figura 38 Agrupamientos de los cerritos "pelados" evitados por la agricultura en la matriz de IMPB.

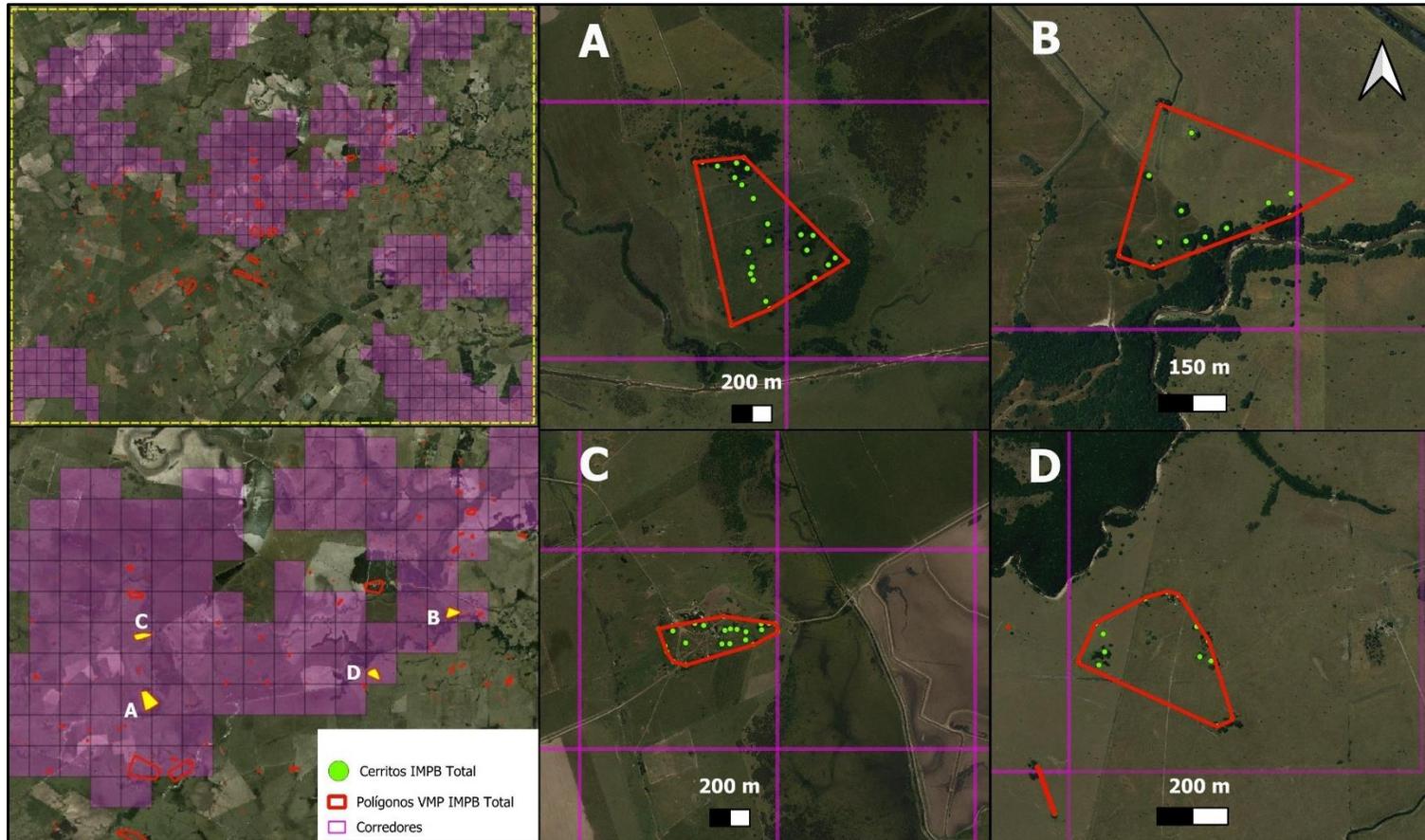


Figura 39 Agrupamientos dentro de corredores biológicos. Obsérvese que aún dentro de los corredores la matriz se encuentra fuertemente perturbada por el cambio en el uso del suelo.

Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) sobre los datos de IMPB Total

Se creó una capa de agregados a partir de la DMO (Tabla 45). Se obtuvo un total de 137 agregados que reúnen 877 cerritos (82,74%) y 183 cerritos aislados (17,26%).

Los agregados más frecuentes son de 2 (60) que cuentan con 120 cerritos. Le siguen los de 4 y 3 (18) con 72 y 54 cerritos respectivamente. Los agregados de 5 (11) concentran 55 cerritos. Continúan los agregados de 6 (5) con 30 cerritos. En menor frecuencia se encuentran agregados de 7 (3) que tienen 21 cerritos. Los agregados de 9, 10, 11, 14, 15 y 23 presentan la misma frecuencia, en el mismo orden cuentan con 18, 20, 22, 28, 30 y 46 cerritos. Por último, los agregados de 8, 12, 16, 20, 25, 47, 55, 56, 58 y 64 cuentan con un único ejemplar.

Tabla 45 Agregados por Distancia Máxima Observada (DMO) para IMPB Total.

Agregados por número de cerritos	Número de agregados	Número de cerritos por tipo de agregado
64	1	64
58	1	58
56	1	56
55	1	55
47	1	47
25	1	25
23	2	46
20	1	20
16	1	16
15	2	30
14	2	28
12	1	12
11	2	22
10	2	20
9	2	18
8	1	8
7	3	21
6	5	30
5	11	55
4	18	72
3	18	54
2	60	120
Total	137	877

Los 5 agregados superiores contienen 280 cerritos que corresponden a sitios ya conocidos (Figura 40):

- Martínez Damonte (MD) cuenta con 64 cerritos en un área de 23,27 km² y una densidad de 2,75 c/km².
- Los Ajos (LA) presenta 58 cerritos en una superficie de 31,73 km², lo cual le otorga una densidad de 1,82 c/km².
- Estancia Mal Abrigo (EMA) concentra 56 cerritos en 38,99 km², siendo su densidad de 1,43 c/km².
- Campo Alto (CA) contiene dos agrupamientos uno de 55 cerritos y 48,71 km² de superficie, y otro de 47 en 26,73 km², siendo sus densidades de 1,12 c/km² y 1,75 c/km² respectivamente.

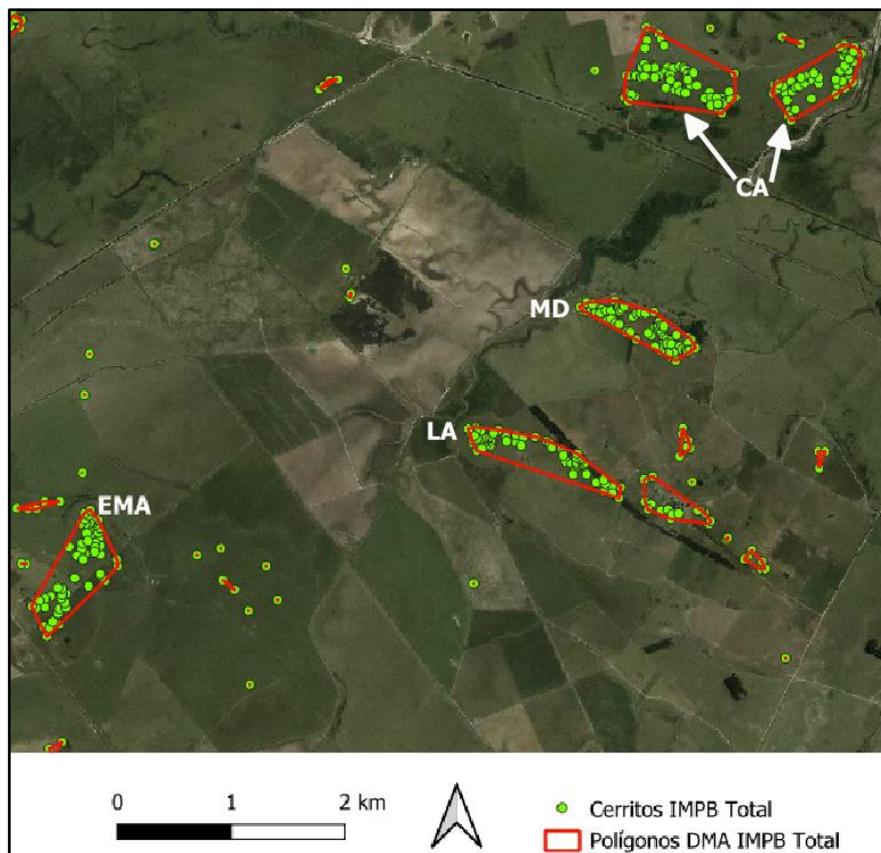


Figura 40 Agregados de mayor número de cerritos sobre los datos de IMPB Total.

Análisis de Índice relativo de centralidad (IRC) sobre los datos de IMPB Total

La Figura (41) representa la distribución del IRC en función de las zonas geomorfológicas definidas por Sombroek (1969).

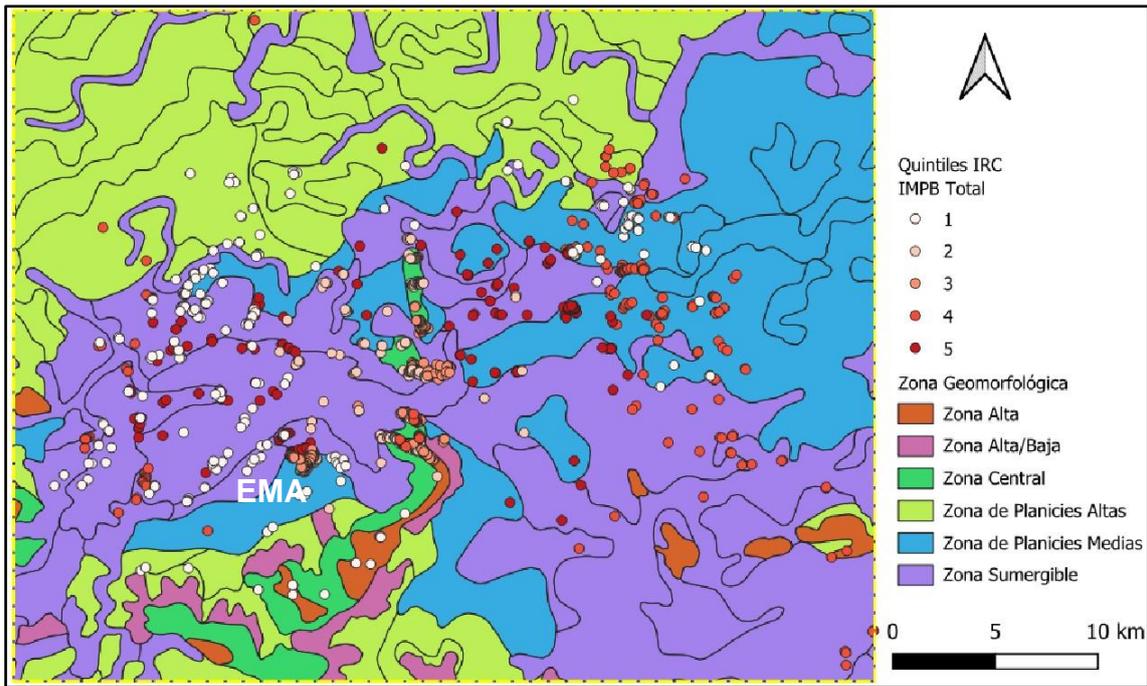


Figura 41 Índice Relativo de Centralidad sobre los datos de IMPB Total.

El primer quintil se distribuye principalmente en la Zona Sumergible y Zona de Planicies Medias, algunos individuos dispersos se pueden observar en la Zona Central e incluso en la Zona Alta. El segundo quintil se ubica principalmente en la Zona central con un foco en el sitio Campo Alto (CA), algunos individuos pueden observarse en Zona Sumergible y Zona Alta. El tercer quintil se ubica casi exclusivamente en la Zona Central y en la Zona Alta, con focos importantes en la Sierra de los Ajos. El cuarto quintil se ubica en Zona Sumergible y Zona de Planicies Medias, unos pocos individuos se pueden observar en la Zona de Planicies Altas e incluso menos en la Zona Alta. El último quintil se ubica principalmente en Zona Sumergible y Zona de Planicies Medias con la excepción de un foco en la Zona Central puntualmente en el sitio Estancia Mal Abrigo (EMA).

El patrón sugiere una centralidad en Zona Central con un foco en el sitio EMA, al centro-este de IMPB y desde ahí disminuye hacia los extremos de la zona con focos importantes en la Zona de Planicies Medias en torno a los sitios Los Ajos (LA), Martínez Damonte (MD) y Campo Alto (CA).

V.g. Modelo de distribución de los cerritos en el paisaje:

Datos procedentes de Bracco (2019):

Análisis de Componente Principal (ACP) reveló que los dos primeros componentes principales explican un 20,28% y un 12,86% de la varianza total del conjunto de datos, respectivamente. El primer componente principal está caracterizado principalmente por las variables P_3, HI_1, RO_1, que tienen las mayores cargas positivas, indicando que estas variables contribuyen significativamente a este componente. De manera similar, el segundo componente principal muestra altas cargas en las variables LI_7, DI_1, SD_4, sugiriendo que estas variables son las que más influyen en esta nueva dimensión.

Las puntuaciones de los datos en el espacio bidimensional formado por los dos primeros componentes principales permiten visualizar las relaciones entre las observaciones y las variables (Figura 42). Este análisis facilita la identificación de patrones en los datos, como grupos de observaciones similares y posibles outliers.

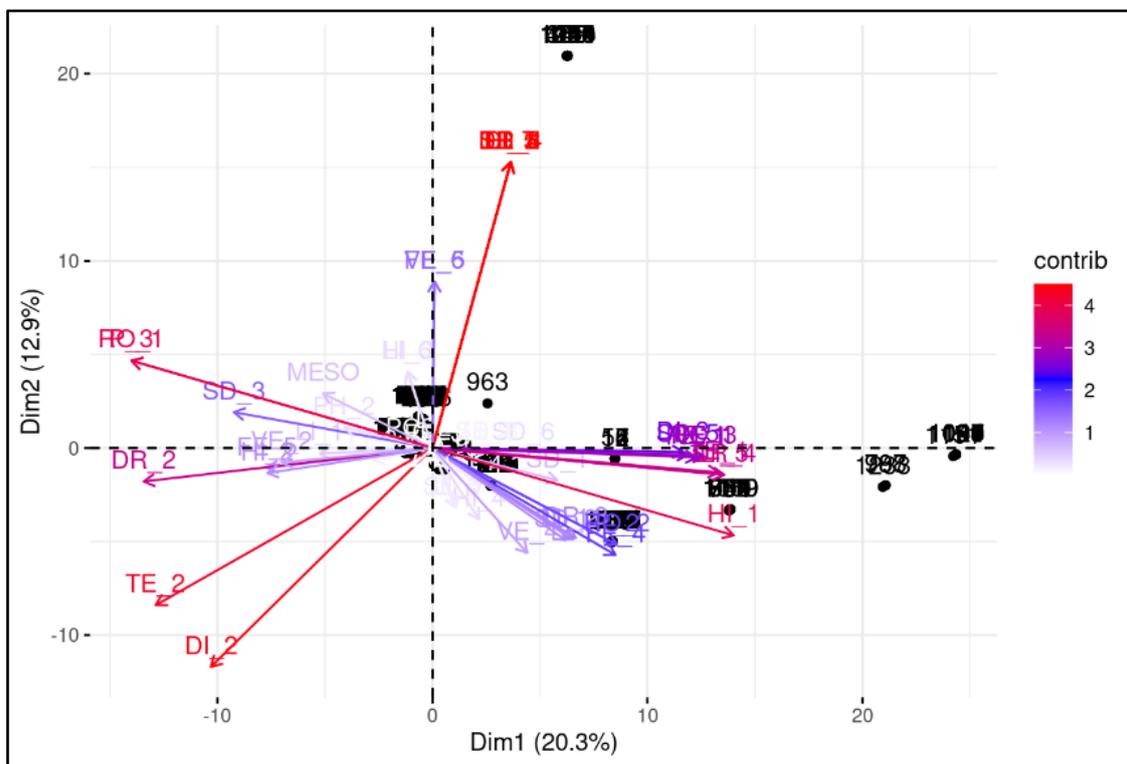


Figura 42 Análisis Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables sobre los datos de Bracco (2019). Las flechas rojas indican las coordenadas de cada una de las variables en función de los componentes 1 (CP1) y 2 (CP2). Los puntos son las observaciones de los sitios, coloreados por la cantidad de cerritos.

Se realiza un clúster jerárquico para observar mejor los agrupamientos de las variables entre sí (Figura 43).

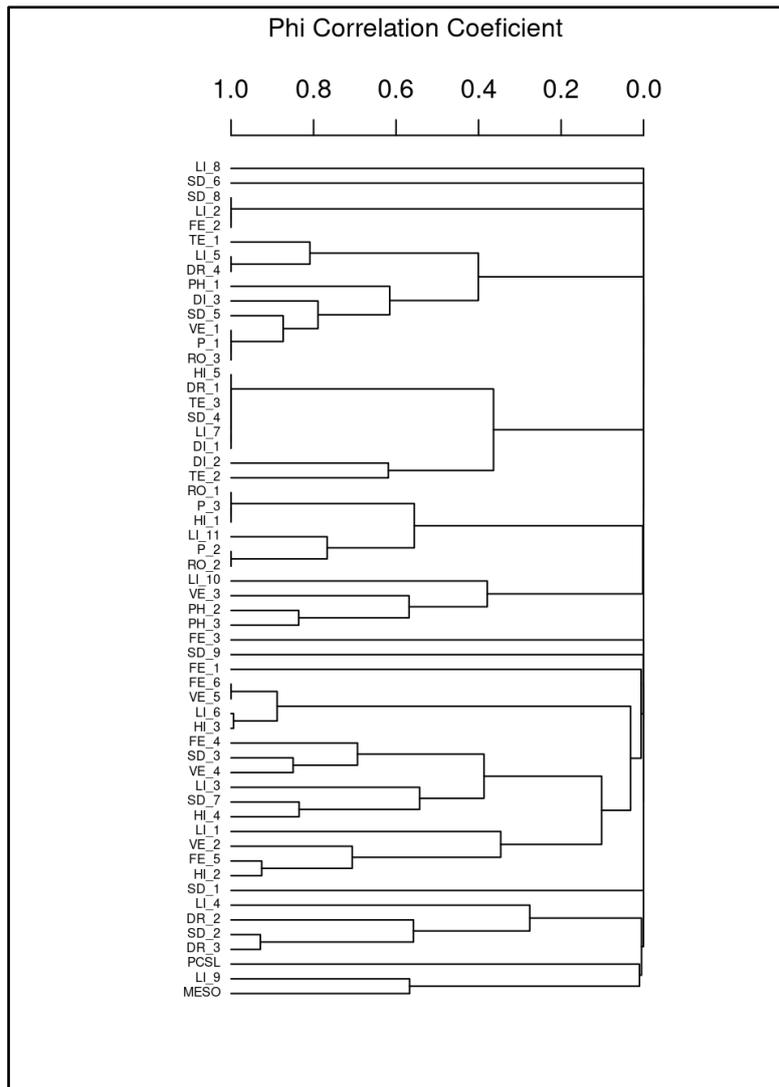


Figura 43 Clúster jerárquico sobre los datos de Bracco (2019).

Muchas variables se fusionan en el mismo grupo en un nivel inferior a 0,6 – 0,8, es decir contienen información similar, por tanto, se realiza una selección de variables en base a la medida de similitud del coeficiente de correlación Phi.

Para excluir variables redundantes, y seleccionar aquellas que contienen información “original” se construye una matriz de correlaciones (Figura 44).

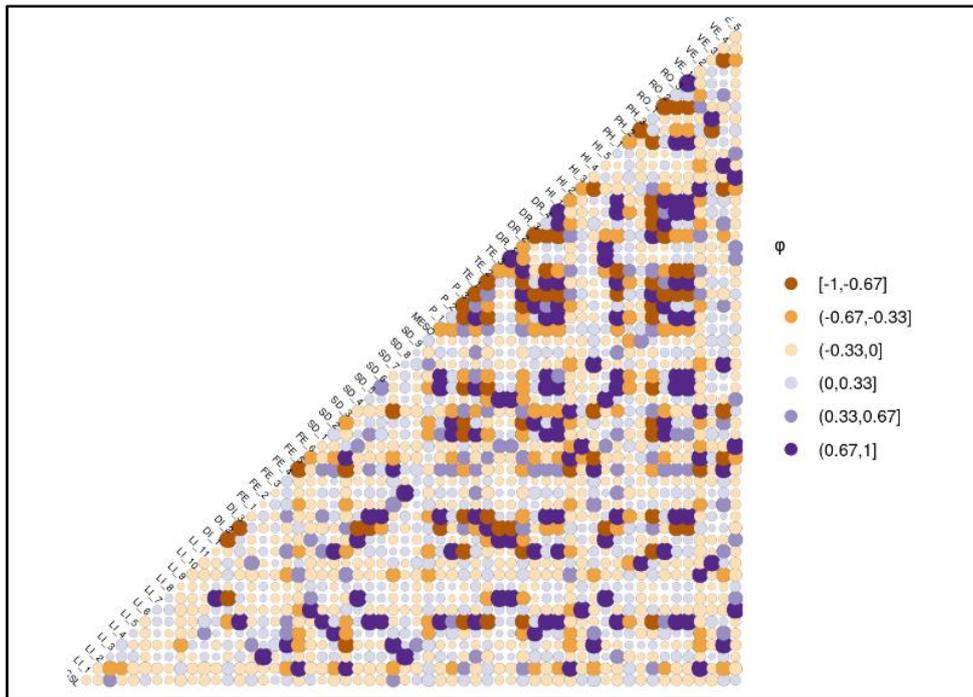


Figura 44 Matriz de correlaciones Phi para la matriz de datos de Bracco (2019).

Se remueven aquellas variables que tienen un coeficiente de correlación (ϕ)>0,7. Las variables removidas por estar altamente correlacionadas con al menos una de las que queda en el modelo son: DR_2, TE_2, SD_3, P_3, HI_1, RO_1, HI_2, FE_5, TE_1, VE_2, FE_4, DI_2, LI_5, DR_4, PH_1, VE_4, P_1, VE_1, SD_5, HI_4, DI_3, DR_3, P_2, SD_7, FE_6, VE_5, MESO, PH_2, LI_7, DI_1, SD_4, TE_3, HI_5, LI_11, HI_3, VE_3, LI_4, LI_2, SD_8.

Se repite el dendrograma con variables no correlacionadas (Figura 45).

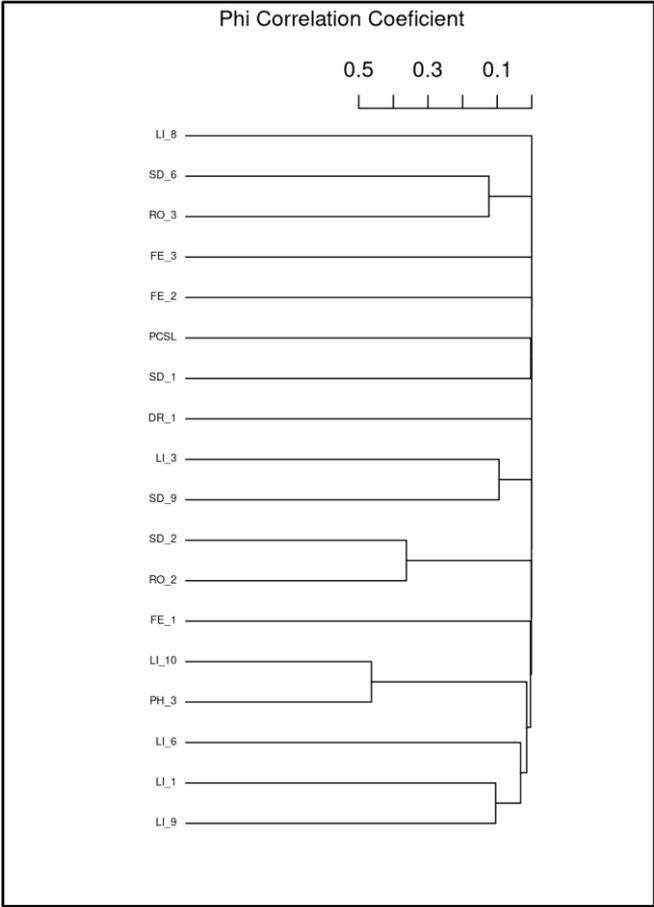


Figura 45 Análisis de clúster jerárquico de las variables numéricas no correlacionadas sobre los datos de Bracco (2019).



Figura 46 Relación entre las variables explicativas y la cantidad de cerritos sobre los datos de Bracco (2019).



Figura 47 Conteo de cantidad de valores 0 y 1 por cada variable explicativa de los datos de Bracco (2019).

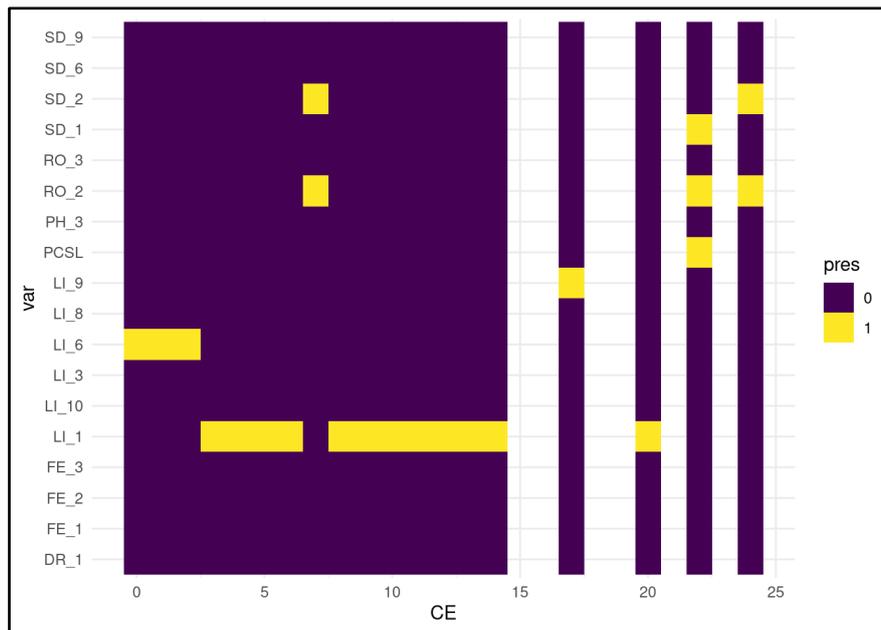


Figura 48 Distribución de la cantidad de cerritos (CE) según presencia/ausencia de las variables explicativas sobre los datos de Bracco (2019).

Las Figuras 46 a 48 representan la relación entre las variables no correlacionadas con la cantidad de cerritos.

De un total original de 57 variables y luego de limpiar la base según los criterios de que no estén correlacionadas con una fuerza mayor a 0,7 (correlación Phi) -> se descartaron 39. Se obtiene una base final para análisis compuesta por las siguientes variables: PCSL, LI_1, LI_3, LI_6, LI_8, LI_9, LI_10, FE_1, FE_2, FE_3, SD_1, SD_2, SD_6, SD_9, DR_1, PH_3, RO_2, RO_3, CE. Del análisis descriptivo, se obtiene que la mayoría de las variables tienen efectos sobre la presencia de cerritos (CE) cuando están en su valor de ausencia (0). De forma excepcional las variables LI_1, PCSL y RO_2 y en menor medida también SD_1 y SD_2 lo hacen en su valor de presencia (1).

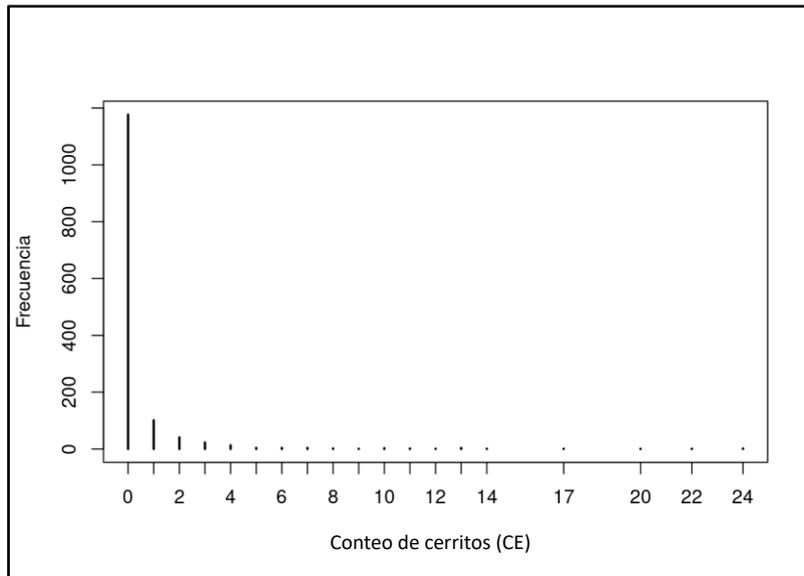


Figura 49 Frecuencia de ocurrencia de los posibles valores de la variable cerritos (CE) para los datos de Bracco (2019).

La variable de respuesta cantidad de cerritos presenta un 85% de valores igual a 0 (Figura 49). De acuerdo al análisis gráfico y a las pruebas de Bondad de Ajuste, se concluye que la distribución más adecuada, según la naturaleza de la variable cantidad de cerritos, es una Binomial Negativa (Figura 50).

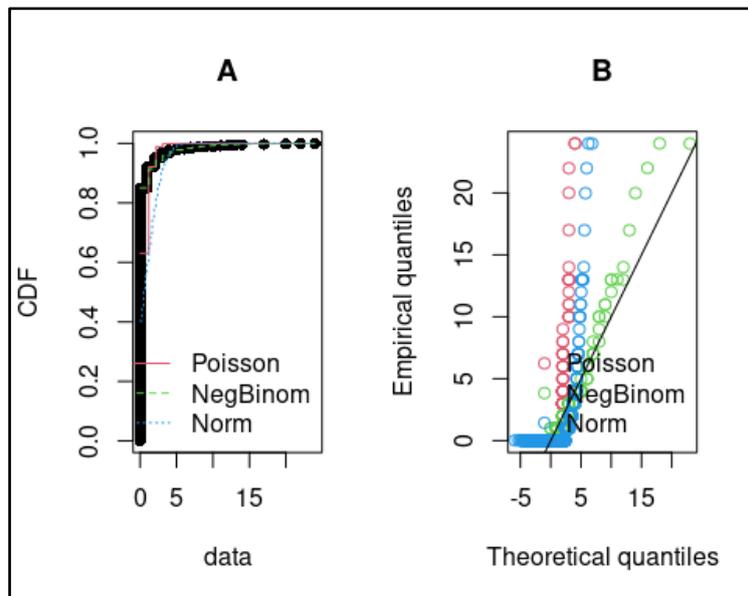


Figura 50 Distribución acumulada (CDF) y gráficos QQ (cuantil-cuantil) sobre los datos de Bracco (2019).

Modelo óptimo para los datos procedentes de Bracco (2019):

Se ajustó un modelo de regresión Binomial negativo (estimado mediante Máxima Verosimilitud) para predecir la variable de respuesta CE utilizando las variables explicativas LI_1, PCSL y RO_2. El poder explicativo del modelo es débil, con un R-cuadrado de Nagelkerke de 0,11, lo que indica que sólo el 11% de la variabilidad en CE puede ser explicada por las variables incluidas en el modelo.

El intercepto del modelo, que corresponde a LI_1 = 0, PCSL = 0 y RO_2 = 0, se estima en -1,57, con un intervalo de confianza del 95% que va de -1,83 a -1,31, siendo altamente significativo ($p < 0,001$). Esto indica que cuando todas las variables explicativas son cero, el valor esperado de CE es aproximadamente -1,57.

Dentro de este modelo, el efecto de LI_1 es estadísticamente significativo y positivo, con un coeficiente beta de 1,28 (IC 95% [0,91, 1,67], $p < 0,001$). Lo que sugiere que un pasaje de LI_1 de 0 a 1 se asocia con un aumento de 1,28 cantidad de CE (manteniendo constante las demás variables). El efecto de PCSL es estadísticamente significativo y positivo, con un coeficiente beta de 0,51 (IC 95% [0,05, 1,02], $p = 0,036$). Lo que significa que un aumento en PCSL está asociado con un aumento en CE de 0,51 (manteniendo constante las demás variables). Por último, el efecto de RO_2 es también estadísticamente significativo y positivo, con un coeficiente beta de 1,61 (IC 95% [0,73, 2,71], $p = 0,001$) y confirmando que un aumento de 0 a 1 en RO_2 se asocia con un aumento de 1,61 en la cantidad de CE (manteniendo constante las demás variables).

En resumen, aunque el modelo ajustado tiene un poder explicativo débil, se encontró que LI_1, PCSL y RO_2 tienen efectos positivos y estadísticamente significativos sobre CE. Esto sugiere que incrementos en LI_1, PCSL y RO_2 están asociados con incrementos en CE, siendo el efecto de RO_2 el más pronunciado, seguido por LI_1 y luego PCSL (Tabla 46).

Tabla 46 Modelo óptimo sobre los datos de Bracco (2019).

Predictores	CE		
	Log-Mean	CI	p
(Intercepto)	-1,57	-1,83 – -1,31	<0,001
LI 1	1,28	0,91 – 1,67	<0,001
PCSL	0,51	0,05 – 1,02	0,036
RO 2	1,61	0,73 – 2,71	0,001
Observaciones	1386		
R ² Nagelkerke	0.113		

Aunque el poder explicativo del modelo es débil (11%), se pueden hacer algunas observaciones relevantes para el problema en cuestión. De acuerdo con los resultados del MLG las variables que influyen en la cantidad de cerritos son Rocosidad Media: >2% a <= 25% (RO_2), Sedimentos aluviales de textura variada (LI_1) y PCSL.

Tabla 47 Distribución de las variables explicativas para los datos procedentes de Bracco (2019).

Variables explicativas para Bracco (2019) en orden de relevancia					
Variable explicativa	Superficie respecto a IMPB		Unidades geomorfológicas	Superficie por unidad	
	km ²	%		km ²	%
Rociedad Media: >2% a <= 25%	44	3,17	SR	9	20
			M	2	4,55
			C	19	43,18
			Cm	10	22,73
			LA	1	2,27
			LM	3	6,82
			Total	44	100
Sedimentos aluviales de textura variada	464	33,48	M	1	0,42
			LA	40	16,81
			LM	186	78,15
			LMb	5	2,10
			Brs	3	1,26
			Brnd	1	0,42
			Ba	2	0,84
			Total	238	100
PCSL	226	16,31	C	3	1,33
			LA	114	50,44
			LM	32	14,16
			LMb	37	16,37
			Brs	13	5,75
			Bri	10	4,42
			Brit	2	0,88
			Brnd	1	0,44
			Ba	14	6,19
			Total	226	100

La variable Rociedad Media: >2% a <= 25% se encuentra presente en 3,17% de IMPB. Se encuentra principalmente en Colinas cristalinas propiamente (C), Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), Sierras (SR), y en menor medida se encuentra en Llanura media continental (LM), Lomadas (M) y Llanura alta continental (LA) (Tabla 50).

La variable Sedimentos aluviales de textura variada representa un 33,48% de la superficie de IMPB. Domina en Llanura media continental (LM) y Llanura alta continental (LA), con valores más bajos se encuentra también en Llanura media encharcada (LMb), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Bañados de arroyos (Ba), y Lomadas (M).

La variable PCSL abarca un 16,31% del área de IMPB. Principalmente se halla en Llanura alta continental (LA), Llanura media encharcada (LMb) y Llanura media continental (LM), también está presente, aunque con valores más bajos en Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Colinas cristalinas propiamente (C), Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), y Bañados encharcados no diferenciados (Brnd).

A modo de síntesis se puede decir que, aunque el modelo tiene un poder explicativo limitado, los resultados apuntan a que la combinación de variables geológicas y de sedimentos juega un papel crucial en la distribución de los cerritos.

Las áreas con rocosidad media y sedimentos arcillosimos parecen ser focos de emplazamiento de cerritos, lo que indica una relación entre estas características del suelo y la topografía con la presencia de cerritos.

La variabilidad en la presencia de PCSL en distintos paisajes sugiere que factores paleohidrológicos también podrían haber influido en la ubicación de los cerritos.

Datos procedentes de Gazzan et al (2022):

Al tratarse de un área menor (IM), las siguientes variables presentan únicamente valores de 0: LI_2, LI_8, FE_2, FE_3, SD_8. En este caso, se las eliminó porque no resultaron informativas al problema.

Análisis de Componente Principal (ACP) reveló que los dos primeros componentes principales explican un 23,65% y un 14,89% de la varianza total del conjunto de datos, respectivamente. El primer componente principal está caracterizado principalmente por las variables P_3, HI_1, RO_1, que tienen las mayores cargas positivas, indicando que estas variables contribuyen significativamente a este componente. De manera similar, el segundo componente principal muestra altas cargas en las variables VE_4, HI_4, DI_2, sugiriendo que estas variables son las que más influyen en esta nueva dimensión.

Las puntuaciones de los datos en el espacio bidimensional formado por los dos primeros componentes principales permiten visualizar las relaciones entre las observaciones y las variables (Figura 51). Este análisis facilita la identificación de patrones en los datos, así como grupos de observaciones similares y posibles outliers.

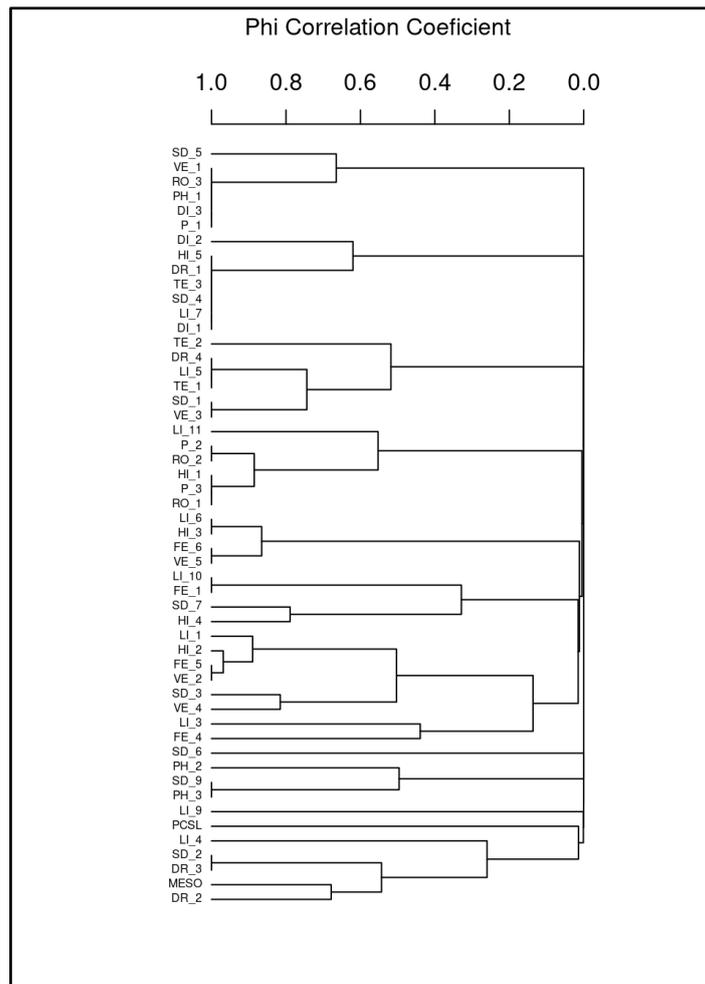


Figura 52 Clúster jerárquico sobre los datos de Gazzan et al (2022).

Como era de esperarse hay muchas variables que se fusionan en el mismo grupo en un nivel inferior, es decir contienen información similar, por tanto, se realiza una selección de variables en base a la medida de similitud del coeficiente de correlación Phi.

Las variables redundantes, o sea que, no contienen información “original” se remueven a partir de la construcción de una matriz de correlaciones (Figura 53).

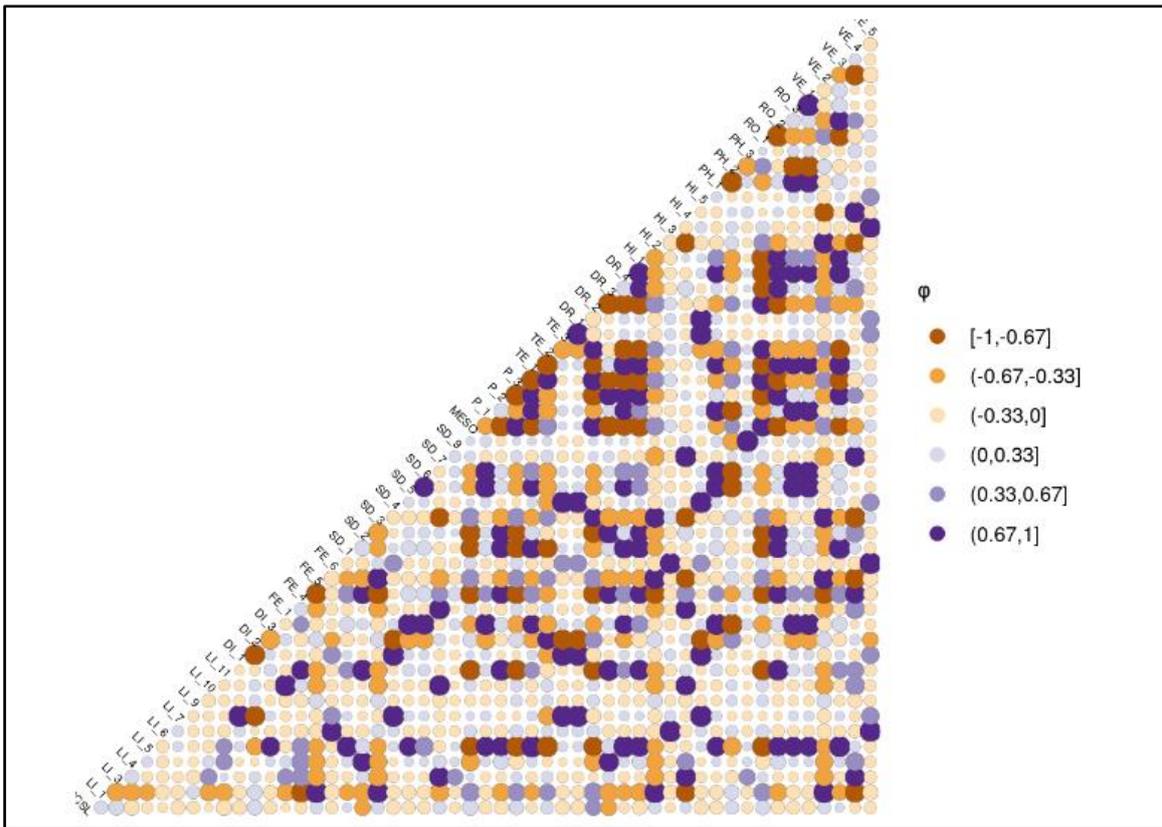


Figura 53 Matriz de correlaciones Phi para la matriz de datos de Gazzan et al (2022).

Se remueven aquellas variables que tienen un coeficiente de correlación (ϕ)>0.7. Las variables removidas por estar altamente correlacionadas con al menos una de las que queda en el modelo son: DR_2, TE_2, SD_3, P_3, HI_1, RO_1, HI_2, FE_5, TE_1, VE_2, FE_4, DI_2, LI_5, DR_4, PH_1, VE_4, P_1, VE_1, SD_5, HI_4, DI_3, DR_3, P_2, SD_7, FE_6, VE_5, MESO, PH_2, LI_7, DI_1, SD_4, TE_3, HI_5, LI_11, HI_3, VE_3, LI_4, LI_2, SD_8.

Se repite el dendrograma con variables no correlacionadas (Figura 54).

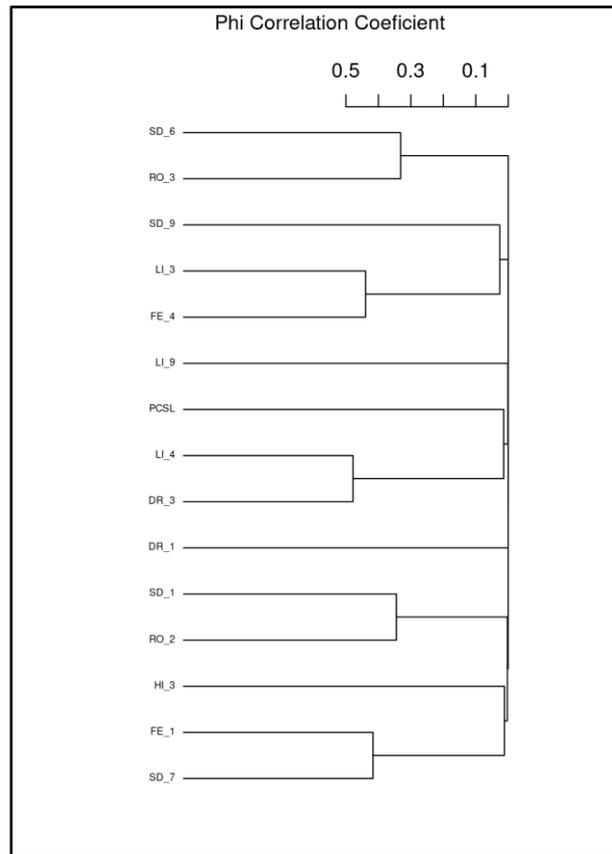


Figura 54 Análisis de clúster jerárquico de las variables numéricas no correlacionadas sobre los datos de Gazzan et al (2022).

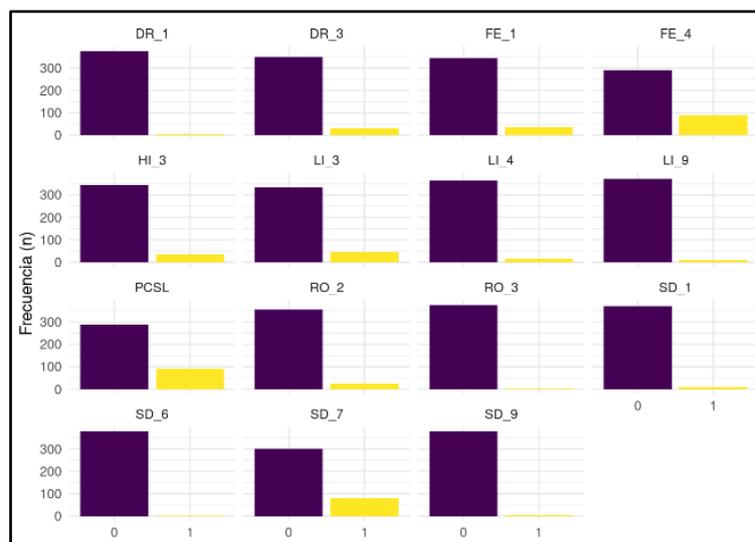


Figura 55 Relación entre las variables explicativas y la cantidad de cerritos sobre los datos de Gazzan et al (2022).

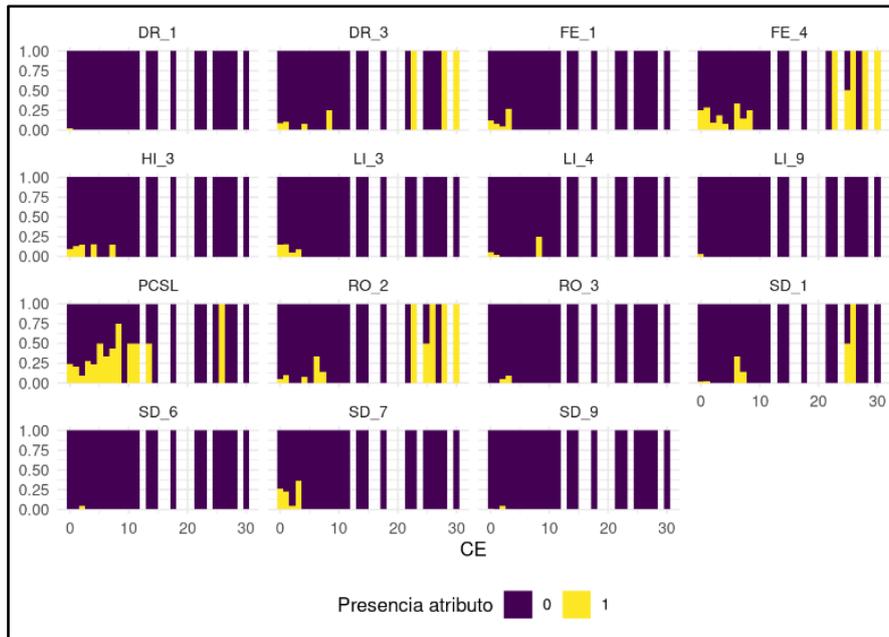


Figura 56 Conteo de cantidad de valores 0 y 1 por cada variable explicativa de los datos de Gazzan et al (2022).

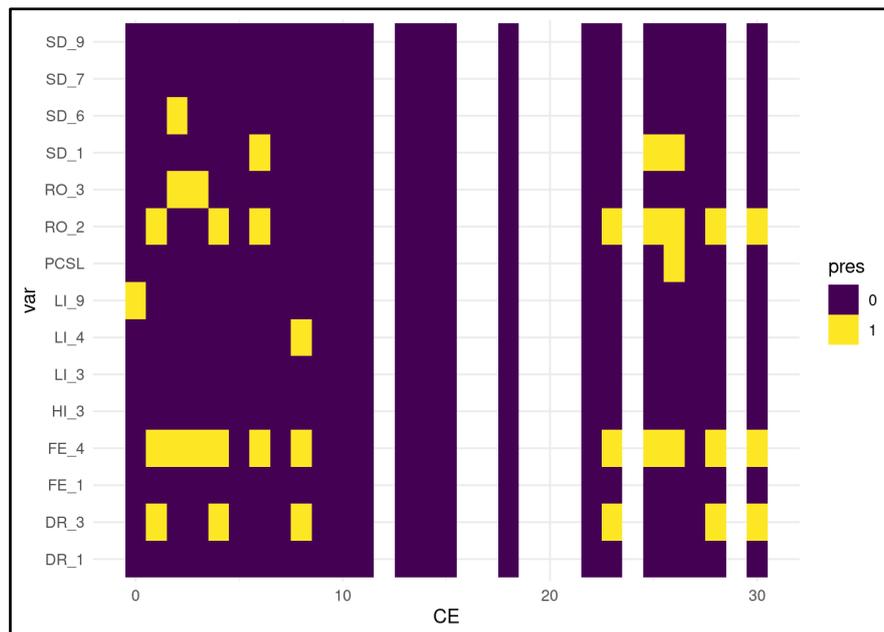


Figura 57 Distribución de la cantidad de cerritos (CE) según presencia/ausencia de las variables explicativas sobre los datos de Gazzan et al (2022).

Las Figuras 55 a 57 representan la relación entre las variables no correlacionadas con la cantidad de cerritos.

Luego de limpiar la base según los criterios de que las variables no estén correlacionadas con una fuerza mayor a 0,7 (correlación Phi) se descartaron 39. La base final para análisis se compone por las siguientes variables: PCSL, LI_1, LI_3, LI_6, LI_8, LI_9, LI_10, FE_1, FE_2, FE_3, SD_1, SD_2, SD_6, SD_9, DR_1, PH_3, RO_2, RO_3, CE. Del análisis descriptivo, se obtiene que la mayoría de las variables tienen efectos sobre la presencia de sitios arqueológicos (CE) cuando están en su valor de ausencia (0). De forma excepcional las variables LI_1, PCSL y R0_2 y en menor medida también SD_1 y SD_2 lo hacen en su valor de presencia (1).

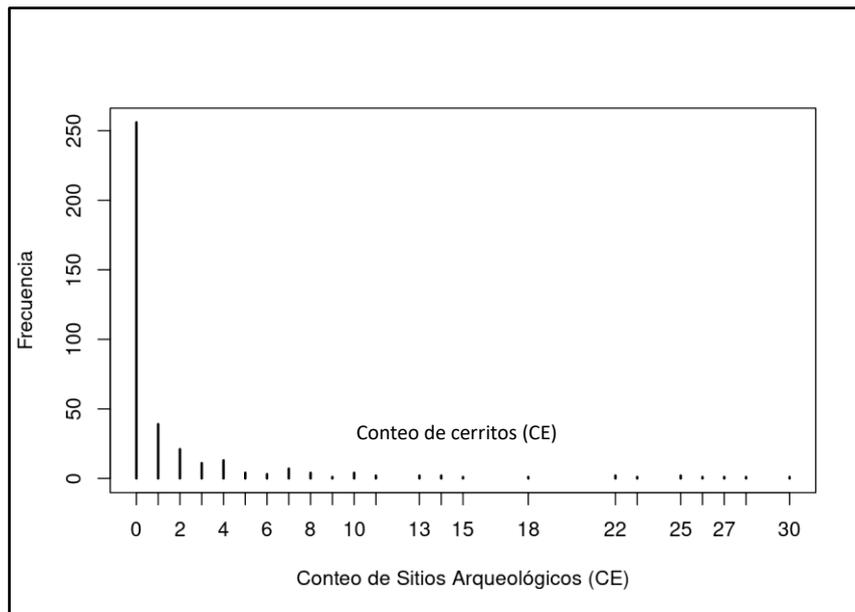


Figura 58 Frecuencia de ocurrencia de los posibles valores de la variable cerritos (CE) para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).

La variable de respuesta cantidad de cerritos presenta un 67% de valores igual a 0 (Figura 58). De acuerdo al análisis gráfico y a las pruebas de Bondad de Ajuste, se concluye que la distribución más adecuada, según la naturaleza de la variable cantidad de cerritos, es una Binomial Negativa (Figura 59).

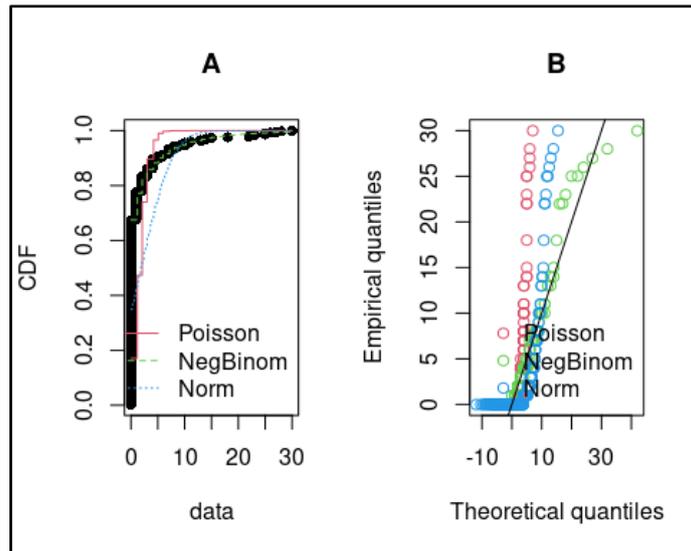


Figura 59 Distribución acumulada (CDF) y gráficos QQ (cuantil-cuantil) sobre los datos de Gazzan et al (2022).

Modelo óptimo para Gazzan et al (2022):

Se ajustó un modelo de regresión Binomial negativo (estimado mediante Máxima Verosimilitud) para predecir la variable de respuesta CE utilizando las variables explicativas HI_3, LI_9 y DR_1 (fórmula: $CE \sim HI_3 + LI_9 + DR_1$). El poder explicativo del modelo es débil, con un R-cuadrado de Nagelkerke de 0,07, lo que indica que solo el 7% de la variabilidad en CE puede ser explicada por las variables incluidas en el modelo.

El intercepto del modelo, que corresponde a $HI_3 = 0$, $LI_9 = 0$ y $DR_1 = 0$, se estima en 0,67, con un intervalo de confianza del 95% que va de 0,39 a 0,94, siendo altamente significativo ($p < 0,001$). Esto indica que cuando todas las variables explicativas son cero, el valor esperado de CE es aproximadamente 0,67.

Dentro de este modelo, el efecto de HI_3 es estadísticamente significativo y negativo, con un coeficiente beta de -0,99 (IC 95% [-1,92, -0,07], $p = 0,036$). Esto sugiere que un incremento en HI_3 está asociado con una disminución en CE. El efecto de LI_9 es estadísticamente no significativo y negativo, con un coeficiente beta de -18,97 (IC 95% [-3980,94, 3943,01], $p = 0,993$). El amplio intervalo de confianza y el valor p indican una gran incertidumbre y falta de evidencia de que LI_9 tenga un efecto real sobre CE. El efecto de DR_1 es también estadísticamente no significativo y negativo, con un coeficiente beta de -18,97 (IC 95% [-5030,52, 4992,58], $p = 0,994$). Similar a LI_9, la alta incertidumbre y el valor p indican que no hay evidencia suficiente para afirmar que DR_1 tiene un efecto sobre CE.

En resumen, aunque el modelo ajustado tiene un poder explicativo limitado, se encontró que HI_3 tiene un efecto negativo y significativo sobre CE, mientras que LI_9 y DR_1 no muestran

efectos significativos. Esto sugiere que, de las variables consideradas, solo HI_3 es un predictor relevante de CE en este contexto (Tabla 48).

Tabla 48 Modelo óptimo sobre los datos de Gazzan et al (2022).

Predictores	CE		
	Log-Mean	CI	p
(Intercepto)	0.67	0.39 – 0.94	<0.001
HI 3	-0.99	-1.92 – -0.07	0.036
LI 9	-18.97	-3980.94 – 3943.01	0.993
DR 1	-18.97	-5030.52 – 4992.58	0.994
Observaciones	380		
R ² Nagelkerke	0.073		

Se obtuvo un modelo óptimo cuyo poder explicativo es muy bajo (7%), y la única variable estadísticamente significativa es negativa: Hidromorfismo Temporalmente inundado: con inundaciones periódicas de larga duración (HI_3), indicando que la presencia de esta variable se asocia a una disminución cantidad de cerritos de -0,99.

Tabla 49 Distribución de las variables explicativas para los datos procedentes de Gazzan et al (2022).

Variable explicativa para Gazzan (2022)					
Variable explicativa	Superficie respecto a IMPB		Unidades geomorfológicas	Superficie por unidad	
	km ²	%		km ²	%
Temporalmente inundado: con inundaciones periódicas de larga duración	36	2,60	LA	1	2,78
			LM	1	2,78
			L Mb	8	22,22
			Brs	3	8,33
			Bri	18	50,00
			Brnd	3	8,33
			Ba	2	5,56
			Total	36	100

La variable Hidromorfismo Temporalmente inundado: con inundaciones periódicas de larga duración, abarca un 2,60% del área de IM. Domina en Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Llanura media encharcada (L Mb), en menor medida se encuentra también en Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Bañados encharcados no diferenciados

(Brnd), Bañados de arroyos (Ba), Llanura alta continental (LA) y Llanura media continental (LM) (Tabla 49).

La asociación negativa significativa de esta variable sugiere que las zonas que actualmente son de inundaciones periódicas de larga duración tienen un efecto negativo en la presencia de los cerritos.

Hoy en día es predominante en áreas con alta humedad y condiciones de inundación constantes o frecuentes, como los Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Llanura media encharcada (LMb). Aunque en menor medida también está presente en otras áreas como Llanura alta continental (LA) y Llanura media continental (LM). En la primera el drenaje es lento, lo cual favorece el hidromorfismo en la mayor parte de la zona, aunque puede ser intermitente en otras. En la segunda las inundaciones son intermitentes u ocasionales por cortos períodos.

La asociación termina siendo paradójica, en conjunto con el bajo poder explicativo del modelo es difícil poder extraer información relevante al problema partir de estos resultados. En resumen, aunque el modelo tiene un poder explicativo limitado, identifica un factor hidrológico clave que afecta negativamente la cantidad de cerritos. Estos resultados resaltan la necesidad de profundizar en la evolución del sistema fluvial para comprender los factores que han jugado un rol importante en el emplazamiento de los cerritos.

Datos procedentes de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total:

Análisis de Componente Principal (ACP) indicó que los dos primeros componentes principales explican un 20,29% y un 12,87% de la varianza total del conjunto de datos, respectivamente. El primer componente principal está caracterizado principalmente por las variables P_3, HI_1, RO_1, que tienen las mayores cargas positivas, indicando que estas variables contribuyen significativamente a este componente. De manera similar, el segundo componente principal muestra altas cargas en las variables LI_7, DI_1, SD_4, sugiriendo que estas variables son las que más influyen en esta nueva dimensión.

Las puntuaciones de los datos en el espacio bidimensional formado por los dos primeros componentes principales permiten visualizar las relaciones entre las observaciones y las variables (Figura 60). Este análisis facilita la identificación de patrones en los datos, así como grupos de observaciones similares y posibles outliers.

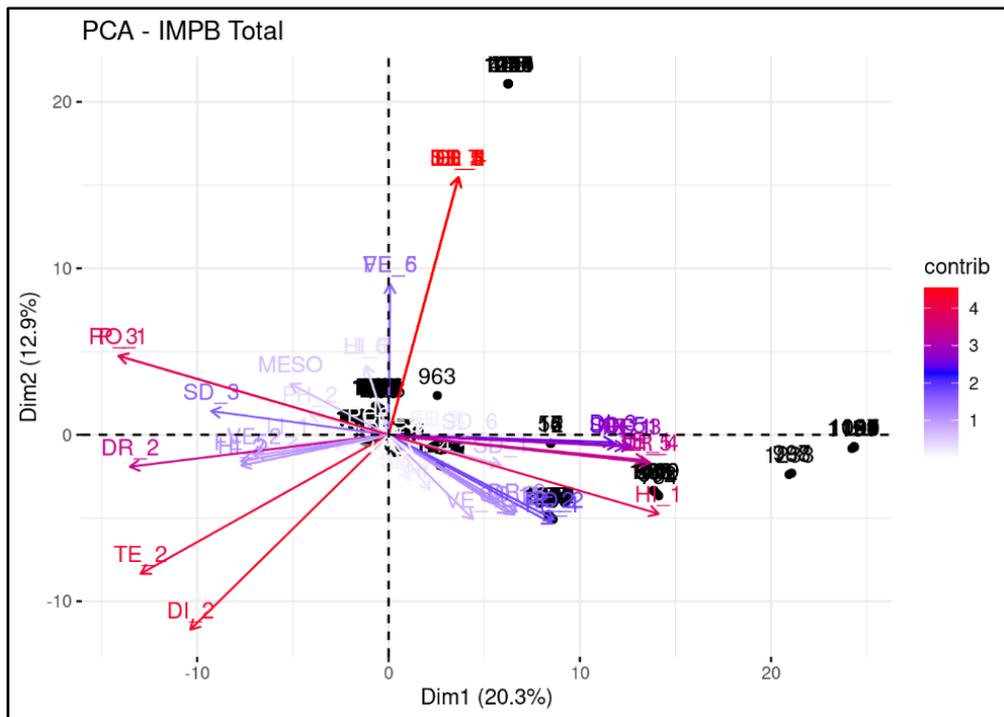


Figura 60 Análisis Análisis de Componentes Principales (ACP) de las variables sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total. Las flechas rojas indican las coordenadas de cada una de las variables en función de los componentes 1 (CP1) y 2 (CP2). Los puntos son las observaciones de los sitios, coloreados por la cantidad de cerritos.

Se construye un dendrograma de clúster jerárquico para ver mejor los agrupamientos de las variables entre sí (Figura 61).

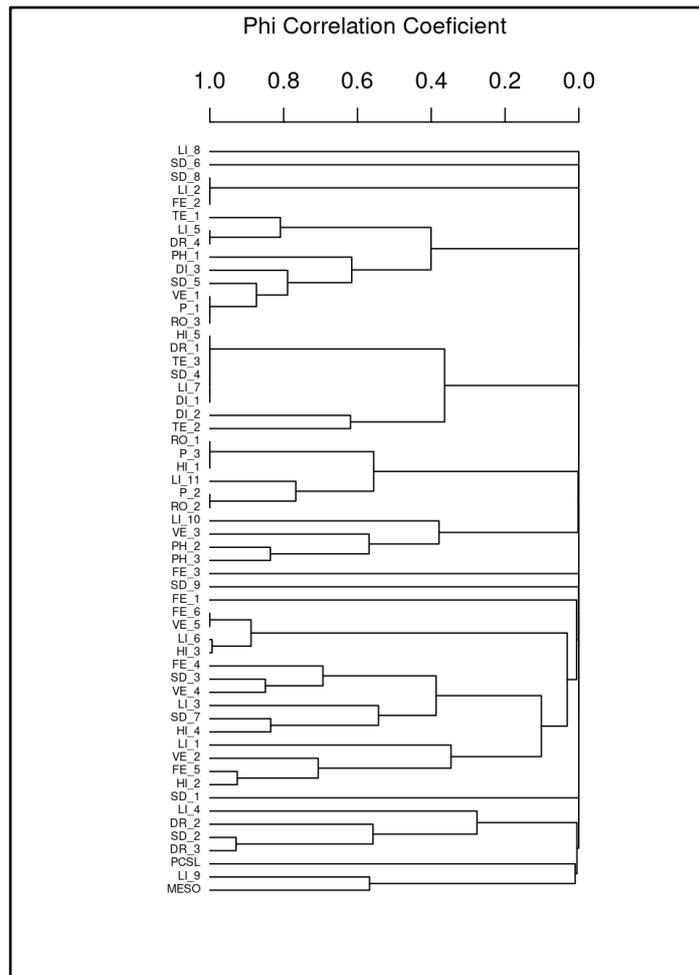


Figura 61 Clúster jerárquico sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

Hay muchas variables que se fusionan en el mismo grupo en un nivel inferior a 0,6 – 0,8, es decir contienen información similar, por tanto, se realiza una selección de variables en base a la medida de similitud del coeficiente de correlación Phi.

Se construye una matriz de correlaciones para excluir variables redundantes, y seleccionar aquellas que contienen información “original” (Figura 62).

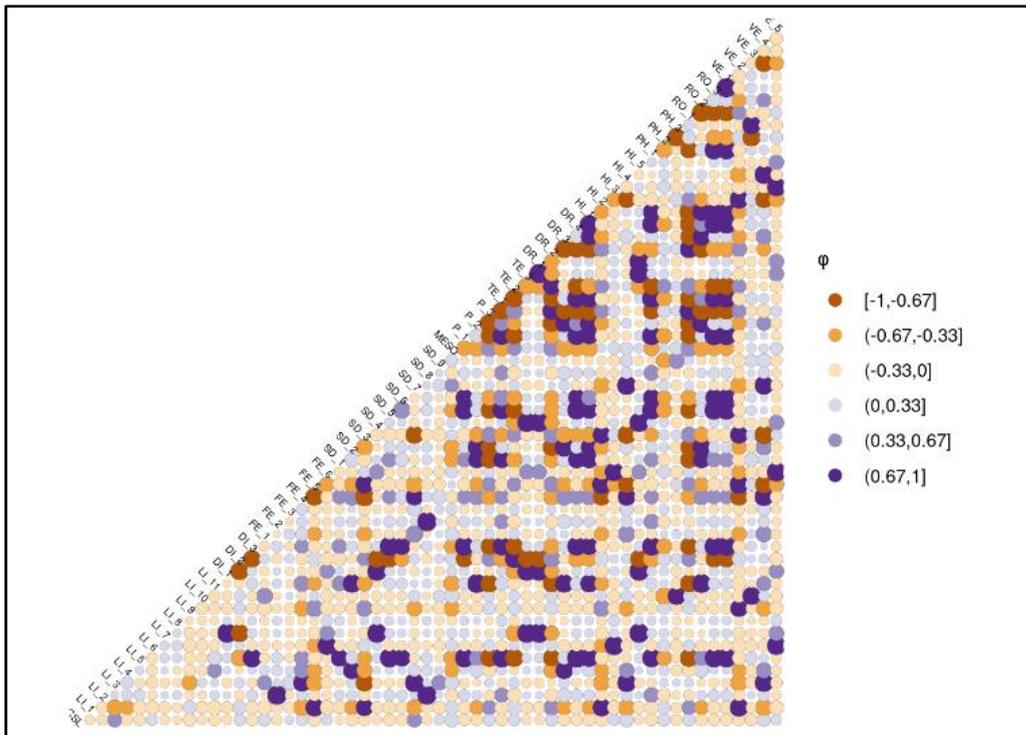


Figura 62 Matriz de correlaciones Phi para la matriz de datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

Se remueven aquellas variables que tengan un coeficiente de correlación $\phi > 0,7$. Las variables removidas por estar altamente correlacionadas con al menos una de las que queda en el modelo son: DR_2, TE_2, SD_3, P_3, HI_1, RO_1, HI_2, FE_5, TE_1, VE_2, FE_4, DI_2, LI_5, DR_4, PH_1, VE_4, P_1, VE_1, SD_5, HI_4, DI_3, DR_3, P_2, SD_7, FE_6, VE_5, MESO, PH_2, LI_7, DI_1, SD_4, TE_3, HI_5, LI_11, HI_3, VE_3, LI_4, LI_2, SD_8.

Se repite el dendrograma con variables no correlacionadas (Figura 63).

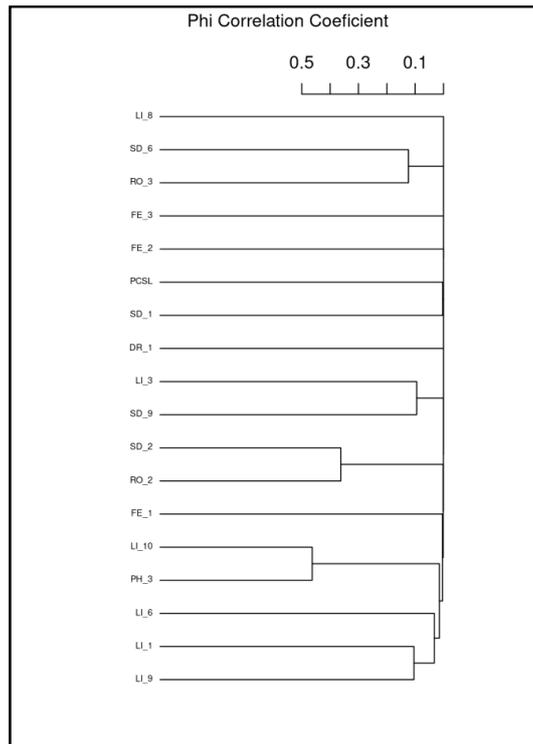


Figura 63 Análisis de clúster jerárquico de las variables numéricas no correlacionadas sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

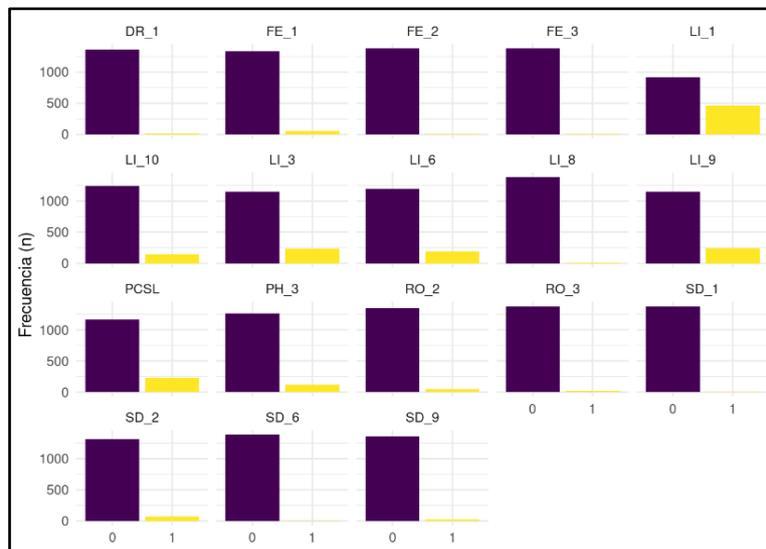


Figura 64 Relación entre las variables explicativas y la cantidad de cerritos sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

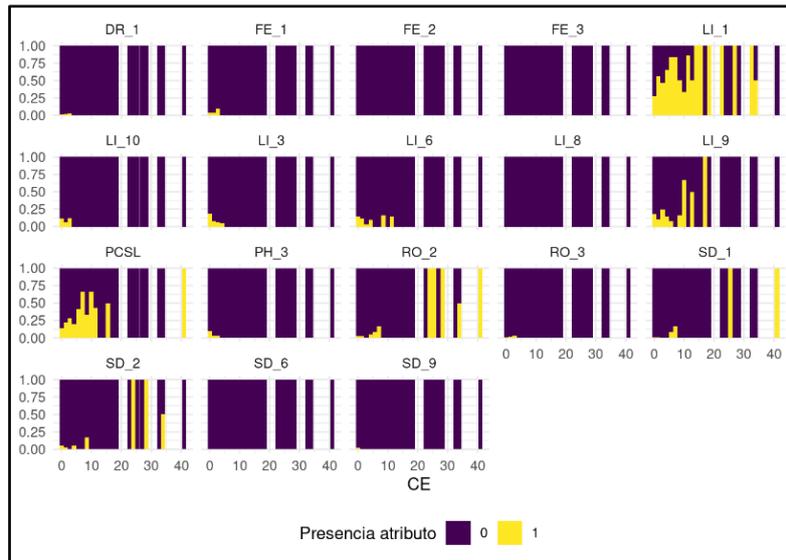


Figura 65 Conteo de cantidad de valores 0 y 1 por cada variable explicativa de los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

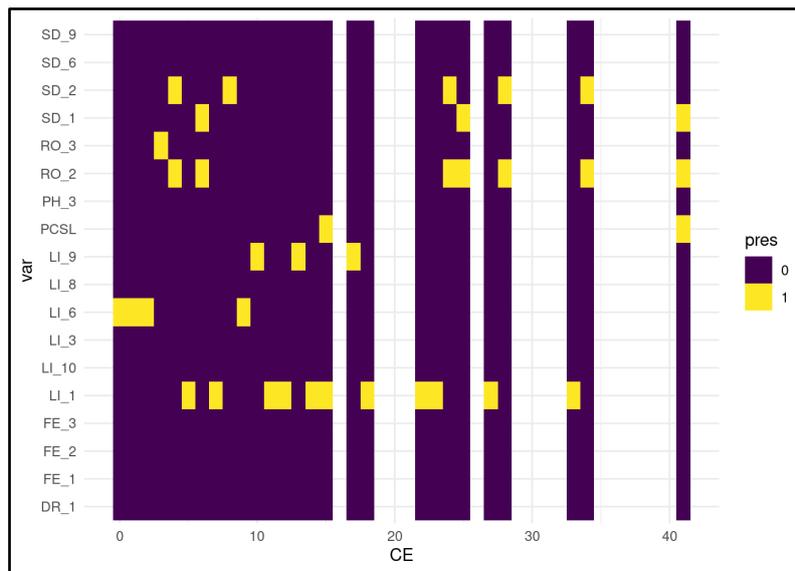


Figura 66 Distribución de la cantidad de cerritos (CE) según presencia/ausencia de las variables explicativas sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

Las Figuras 64 a 66 representan la relación entre las variables no correlacionadas con la cantidad de cerritos.

De un total original de 57 variables y luego de limpiar la base según los criterios de que no estén correlacionadas por con una fuerza mayor a 0,7 (correlación Phi) -> se descartaron 39. La base final se compone de las variables: PCSL, LI_1, LI_3, LI_6, LI_8, LI_9, LI_10, FE_1, FE_2, FE_3, SD_1, SD_2, SD_6, SD_9, DR_1, PH_3, RO_2, RO_3, CE. Del análisis descriptivo, se obtiene

que la mayoría de las variables tienen efectos sobre la presencia de cerritos (CE) cuando están en su valor de ausencia (0). De forma excepcional las variables LI_1, PCSL y R0_2 y en menor medida también SD_1 y SD_2 lo hacen en su valor de presencia (1). El comportamiento para la matriz IMPB Total es muy similar al análisis de Bracco (2019).

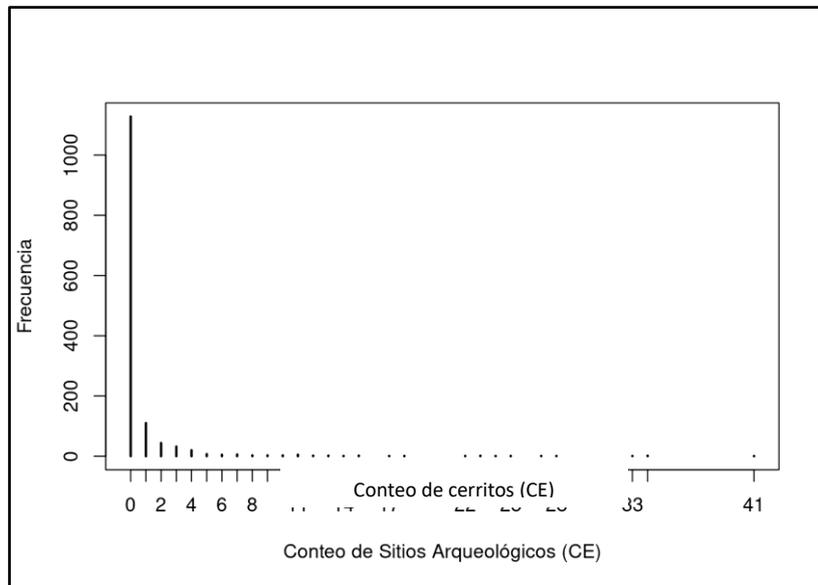


Figura 67 Frecuencia de ocurrencia de los posibles valores de la variable cerritos (CE) para los datos procedentes India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

La variable de respuesta cantidad de cerritos presenta un 81% de valores igual a 0 (Figura 67). De acuerdo al análisis gráfico y a las pruebas de Bondad de Ajuste, se concluye que la distribución más adecuada, según la naturaleza de la variable cantidad de cerritos, es una Binomial Negativa (Figura 68).

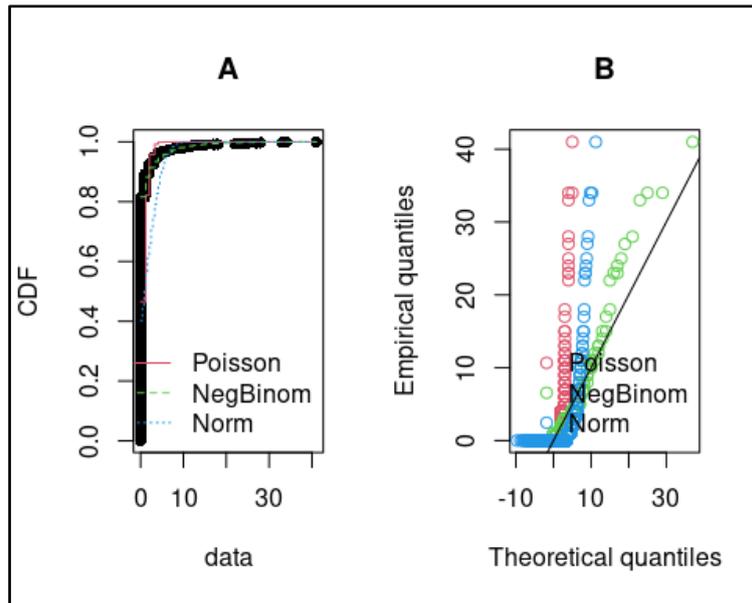


Figura 68 Distribución acumulada (CDF) y gráficos QQ (cuantil-cuantil) sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

Modelo óptimo para India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total:

Se ajustó un modelo de regresión Binomial negativo (estimado mediante Máxima Verosimilitud) para predecir la variable de respuesta CE utilizando las variables explicativas PCSL, RO_2 y LI_1. El poder explicativo del modelo es moderado, con un R-cuadrado de Nagelkerke de 0,19, lo que indica que el 19% de la variabilidad en CE puede ser explicada por las variables incluidas en el modelo.

El intercepto del modelo, que corresponde a PCSL = 0, RO_2 = 0 y LI_1 = 0, se estima en -1,36, con un intervalo de confianza del 95% que va de -1,59 a -1,11, siendo altamente significativo ($p < 0,001$). Esto indica que cuando todas las variables explicativas son cero, el valor esperado de CE es aproximadamente -1,36.

El efecto de PCSL es estadísticamente significativo y positivo, con un coeficiente beta de 0,50 (IC 95% [0,07, 0,96], $p = 0,027$). Esto sugiere que un aumento en PCSL está asociado con un aumento en la cantidad de CE de 0,50. El efecto de RO_2 es estadísticamente significativo y positivo, con un coeficiente beta de 2,61 (IC 95% [1,82, 3,61], $p < 0,001$). Esto sugiere que un aumento en RO_2 está asociado con un aumento de 2,61 en la cantidad de CE. El efecto de LI_1 es estadísticamente significativo y positivo, con un coeficiente beta de 1,57 (IC 95% [1,22, 1,93], $p < 0,001$). Esto sugiere que un aumento en LI_1 está asociado con un aumento de 1,57 en el número CE (Tabla 50).

Tabla 50 Modelo óptimo sobre los datos de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

Predictores	CE		
	Log-Mean	CI	p
(Intercepto)	-1.36	-1.59 – -1.11	<0.001
PCSL	0.50	0.07 – 0.96	0.027
RO 2	2.61	1.82 – 3.61	<0.001
LI 1	1.57	1.22 – 1.93	<0.001
Observaciones	1386		
R ² Nagelkerke	0.192		

El modelo ajustado tiene un poder explicativo moderado (~ 20%), siendo el más fuerte de los tres modelos construidos. Esto indica que PCSL, RO_2 y LI_1 son predictores relevantes de CE. Los efectos de las tres variables son positivos y estadísticamente significativos, sugiriendo que incrementos en PCSL, RO_2 y LI_1 están asociados con incrementos en CE, con LI_1 mostrando el efecto más fuerte entre las variables incluidas en el modelo.

Siendo el modelo más robusto resulta el más informativo al comparar la asociación de las variables explicativas con las unidades geomorfológicas.

Tabla 51 Distribución de las variables explicativas para los datos procedentes de India Muerta-Paso Barrancas (IMPB) Total.

Variables explicativas para IMPB Total en orden de relevancia					
Variable explicativa	Superficie respecto a IMPB		Unidades geomorfológicas	Superficie por unidad	
	km ²	%		km ²	%
Rociedad Media: >2% a <= 25%	44	3,17	SR	9	20
			M	2	4,55
			C	19	43,18
			Cm	10	22,73
			LA	1	2,27
			LM	3	6,82
			Total	44	100
Sedimentos aluviales de textura variada	464	33,48	C	7	1,51
			LA	15	3,23
			LM	72	15,52
			LMb	206	44,40
			Brs	91	19,61
			Bri	50	10,78
			Brit	1	0,22
			Ba	22	4,74

			Total	464	100
PCSL	22 6	16,3 1	C	3	1,33
			LA	114	50,44
			LM	32	14,16
			LMb	37	16,37
			Brs	13	5,75
			Bri	10	4,42
			Brit	2	0,88
			Brnd	1	0,44
			Ba	14	6,19
			Total	226	100

La variable Rocosidad Media: >2% a <= 25% se encuentra presente en 3,17% de IMPB. Se encuentra principalmente en Colinas cristalinas propiamente (C), Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), Sierras (SR), y en menor medida se encuentra en Llanura media continental (LM), Lomadas (M) y Llanura alta continental (LA) (Tabla 51).

La variable Sedimentos aluviales de textura variada representa un 33,48% de la superficie de IMPB. Es predominante en Llanura media encharcada (LMb), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs) y Llanura media continental (LM). En menor medida también está presente en Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Bañados de arroyos (Ba), Llanura alta continental (LA), Colinas cristalinas propiamente (C) y Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit).

La variable PCSL abarca un 16,31% del área de IMPB. Domina en las unidades geomorfológicas Llanura alta continental (LA), Llanura media encharcada (LMb) y Llanura media continental (LM). Con valores más bajos también está presente, en Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Colinas cristalinas propiamente (C), Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), y Bañados encharcados no diferenciados (Brnd).

El poder explicativo moderado (~ 20%) del modelo sugiere que, aunque no explica completamente la variabilidad en la cantidad de cerritos, proporciona una comprensión significativa.

En conclusión, aunque el modelo no explica toda la variabilidad en la cantidad de cerritos, proporciona información valiosa sobre los factores geomorfológicos y del suelo que influyen en su emplazamiento.

V.h. Cerritos, paisaje y percepción:

V.h.a. La familia Infante:

Don José Infante ingresó a trabajar a la tierna edad de 14 años, en el emprendimiento arrocero Arrozal Bonino ubicado en el empalme de las rutas 15 y 19, del Departamento de Rocha en 1952. Durante toda su vida trabajó en dicho emprendimiento, eventualmente conformando su familia compuesta por él, su esposa y sus cuatro hijos en la vivienda proporcionada por sus empleadores.

Luis, el menor de los cuatro, nació en 1969 en el campo y vivió allí hasta 1983. Recuerda que los cerritos eran fácilmente identificables por ser el único relieve en la zona de bañados. En una zona tan plana los cerritos sobresalen destacándose del ambiente circundante. Si bien en la zona la mayoría de los cerritos eran “cerros pelados”, en los más próximos a los bañados se podía observar algún árbol como coronilla o tala.

En otra oportunidad trabajó en una chacra unos 20 km al este de Lascano por ruta 15 donde había una “cerrillada” cubierta de monte.

Según Luis desde la época de su padre (1952) ha habido cerritos que fueron utilizados como huertas. Los cerritos eran evitados por las arroceras ya que dada su elevación no eran aptos para el cultivo de arroz el cual demanda grandes cantidades de agua. La persona encargada de regar el arrozal, probablemente un taipero, utilizaba los cerritos esquivados por las arroceras para hacer sus huertas. En ellos plantaba cultivos como zapallo, papa (*Solanum tuberosum*) y boniato (*Ipomoea batatas*), obteniendo abundantes cosechas ya que se trataba de una tierra muy “húmica”, “muy buena”.

Recuerda Luis recorrer los cerritos y recolectar boleadoras, y afirma que su padre recolectó incluso una olla de barro y hasta “unos huesos”.

Junto con su abuela y con su madre recolectaban carqueja y marcela, yuyos nativos con propiedades medicinales. También recolectaban hinojo y palma de india, las cuales son de origen europeo, pero se han diseminado en estas tierras y también cuentan con propiedades medicinales.

La pesca y la caza formaban parte también del aprovechamiento de los recursos silvestres de los bañados. Principalmente se pescaba en los canales donde se sacaba mucha tararira, bagre (*Siluriformes*) y pintado (*Pimelodus pintado*). Se acostumbraba a cazar nutria, carpincho y pato de cresta roja (*Netta peposaca*).

Cuando se le cuestionó sobre el valor que le merecen los cerritos de indio hace hincapié en el valor histórico.

Respecto a los cambios que ha percibido durante las últimas décadas afirma que la seca de los bañados ha llevado a la merma de la nutria, el carpincho y el pato, reduciéndolos a la cuarta parte de lo que él llegó a vivenciar.

Destaca que la desecación de los bañados ha alcanzado un nivel tal que lugares que en otras épocas eran sólo accesible a caballo hoy son transitadas por camionetas sin problema.

Gabriela Infante, es la tercera de los cuatro hijos, también vivió en el emprendimiento Bonino desde que nació en 1967 hasta 1985 cuando cumplió 18 años. Conoció de los cerritos gracias a excursiones escolares o recorridas que realizaban junto a sus hermanos en los que iban a los cerritos para recolectar boleadoras y puntas de flecha, material que quedó albergado en la escuela rural 99.

Recuerda que se plantaba en los cerritos porque era una tierra “más abonada”, “más negra”. Estos se encontraban “al fondo del campo”, más próximo a los bañados. No menciona ningún tipo de cultivo en particular solamente dando a entender que se trataría de plantaciones o huertas a pequeña escala.

Junto a su madre recolectaban malva, un yuyo nativo con propiedades medicinales, palma de india y butiá. Recolectaban las ramas caídas de las palmeras, como combustible, esta recolección también era llevada a cabo en el monte nativo. No se podaba, sólo se colectaba lo caído. Respecto al fruto de butiá menciona que era consumido en distintas modalidades incluso hervido con el arroz. Hoy en día a pesar de no vivir más en la zona mantiene plantaciones de palma de india en su jardín por su valor medicinal.

Dentro de la recolección de recursos silvestres estaban los huevos de aves nativas como gaviota (*Laridae*), tero (*Vanellus chilensis*) y avestruz (*Rhea americana*). Esta actividad la llevaban a cabo con su abuelo que conocía las nidadas y sabía cómo llegar a ellas incluso con el bañado inundado. Recalca que siempre se hacía una extracción de algunos pocos especímenes para no mermar demasiado la nidada.

Dentro de las presas de caza más comunes destaca nutria, jabalí (*Sus scrofa*) y carpincho.

Cuando se le interrogó acerca de qué aspectos valora de los cerritos vuelve a su testimonio del pasado, “me pregunto quien vivía ahí” se le escucha decir con curiosidad. Mostró interés particularmente en quiénes estaban detrás de esas herramientas de piedra que tanto le llamaron la atención.

A pesar de ya no vivir en la zona suele visitar a parte de su familia que aún reside allí. Destaca que ya no se ven especies como ciervo, mulita o tatú y le llama la atención la escasez de palmeras que afirma que se han perdido en parte por las canalizaciones que han “cambiado todo” y la tala intencional por parte de las arroceras.

Juan Araújo, esposo de Gabriela Infante, nació en 1952 en Juan José Castro, Departamento de Flores. Se dedicó desde su nacimiento al trabajo en el campo, en una chacra de su familia. Hacia finales de la década de 1980 y principios de 1990 comenzó a trabajar como camionero para las arroceras como trabajador zafral. Recuerda que en esa época en el recorrido de ómnibus desde Montevideo al aproximarse a Rocha era “agua para cada lado de la ruta” y hoy lo ve completamente seco.

Es en la década de 1990 que conoce a Gabriela Infante y contraen matrimonio trasladándose por cuestiones laborales al Departamento de Mercedes. Para el año 2000 su suegro les cedió un pequeño terreno en las afueras del pueblo de San Luis, Departamento de Rocha. Allí permanecieron hasta el 2010.

En este terreno no había cerritos, pero se hicieron notar las características ambientales propias de la zona. Durante esta década se dedicaron a trabajar una pequeña huerta en el terreno y hacer trabajo de feriantes. Recuerda Juan que la única parte de la chacra apta para plantíos era la zona más alta ya que cerca del río el suelo pasaba demasiado saturado. De hecho, pasaron por una inundación que casi llegó a su casa.

El recuerdo que tiene Juan difiere notablemente del de su esposa. Mientras a lo largo de su relato Gabriela transmitía un cierto aire de nostalgia por los bañados y palmares Juan protesta molesto que vivir cerca de los bañados es estar “hasta la cabeza de barro”.

Este contraste realza lo que fuera afirmado por Brown (1997): las zonas inundables, humedales y bañados son visto por los foráneos como lugares impasables, llenos de enfermedades y a ser evitados a toda costa, mientras que para los habitantes nativos son lugares altamente productivos donde pueden prosperar.

V.h.b. Bernardo Sierra:

Ha sido residente del pueblo de Paso Barranca desde su nacimiento en 1974 y continúa viviendo en la zona hasta el día de hoy. Cuenta con una chacra familiar que heredó de su padre pocos kilómetros al oeste del pueblo. En dicha chacra se encuentran tres cerritos de indio.

Dentro de la chacra los cerritos son los únicos lugares donde se puede hacer huerta a causa de las inundaciones ya que estos se mantienen por encima del agua aún en crecidas mayores. Según relata Bernardo él comenzó a trabajar en la huerta a los 7 años, ubicándolo en 1981, pero asegura que su padre ya plantaba sobre los cerritos por lo menos desde hacía 10 años remontando su uso a 1971. Hoy en día Bernardo sigue usando los cerritos lo que quiere decir que han sido utilizados para plantíos por lo menos durante los últimos 51 años.

Bernardo destaca que la principal razón para usar los cerritos como huertas es por su resguardo ante las inundaciones. Específicamente hace referencia a que no nota una mayor fertilidad y que la única razón por la que los usan es por su altura. Nunca utilizan los tres al mismo tiempo, sino que van rotando año a año para dar descanso y oportunidad a que se repongan. Las especies que han cultivado incluyen: boniato, papa, poroto, maíz, arveja (*Pisum sativum*) y morrón (*Capsicum annuum*).

No ha practicado recolección de especies vegetales silvestres y tampoco ha pescado mucho ya que afirma que el río (San Luis) pasa la mayor parte del tiempo seco. Igualmente afirma que no caza ya que las presas escasean.

Señala cambios importantes en los palmares. Bernardo ha notado una degradación a partir de incendios forestales causados por tormentas eléctricas, la afectación por la agricultura y destaca que si las dejaran en campo sucio las palmeras se repondrían, pero el ganado se las come.

Se podría decir que el interés de Bernardo en los cerritos radica casi exclusivamente en su potencial productivo.

V.h.c. Alfonso Torres:

El señor Alfonso Torres nació en Paso Barrancas en 1958. Pasó su juventud en un terreno perteneciente a su abuelo próximo a Cañada Grande y Canal Nro. 2 donde tuvo oportunidad de recuperar un mortero erosionado de un cerrito de indio, disparando su interés por la historia de la zona (ver ejemplos ilustrativos en Figura 86). Durante toda la entrevista exhibió un gran entusiasmo por la historia cultural y natural de la zona. Según relata ha podido colaborar en distintas investigaciones del PROBIDES, en áreas como la agroecología e incluso ha conocido a los arqueólogos Roberto Bracco y José López-Mazz.

En 1983 se trasladó a una chacra en las afueras de Paso Barrancas que heredó de su abuelo. En esta propiedad se encuentran un número de cerritos que en su mayoría ha protegido evitando que se cultiven. Según estima él su actual casa en la chacra fue construida sobre un cerrito que tendría poco más de medio metro. Esto concluye ya que en otros cerritos que ha observado en la región se han identificado estratos de sedimento que él llama “cenizas blancas” y este fue el sustrato sobre el cual elevó su casa.

En su propiedad hay cerritos que tienen vestigios de ranchos de barro y según su abuelo en esta chacra hay cerritos que fueron plantados por soldados de la revolución de 1904.

De todos los cerritos en su campo ha cultivado uno sólo que se encuentra próximo a la casa. Allí ha plantado papa, boniato, morrón y zapallo. En invierno le planta avena o cebada como verdeo para evitar que se erosione, alternando con períodos de descanso. Ha sabido de gente que extrae tierra de los cerritos para llevar a su jardín dado que saben que se trata de tierra fértil.



Figura 69 Materiales recuperados en los cerritos por Alfonso Torres.

Si bien no ha cultivado el resto de los cerritos en su propiedad para preservarlos ha permitido su uso como refugio para el ganado (Figura 87). Particularmente en inundaciones excepcionales los cerritos le “salvan” el ganado. Gracias al pastoreo la mayoría de los cerritos se mantienen “pelados”. Sin embargo, en algunos de ellos en los que se ha mantenido monte se observan yuyos que sólo crecen en los cerritos como la valdana y el nabo bagual, y árboles como la sombra de buey (*Iodinia rhombifolia*).



Figura 70 Arriba: cerritos con ganado pastando. Abajo: detalle de cerrito.

El señor Torres no acostumbraba a recolectar yuyos, pero recuerda que grupos de “yuyeros” de Montevideo venían a sus tierras a recolectar raíz de abrojo grande, marcela, ortiga blanca y malva. Por su parte se limita “limpiar” el monte nativo de leña caída.

No fue particularmente interesado en la caza, pero recuerda que los locales cazaban pato picazo (*Netta peposaca*) y nutria. Más afín a la pesca, recuerda que se pescaba pintado, tararira y pejerrey (*Odontesthes bonariensis*). Recientemente se han observado especies que antes no eran comunes como el sábalo pintado (*Prochilodus lineatus*), y se han encontrado mariscos de agua dulce en el río San Luis.

Los principales cambios que ha notado son la desecación de ciertos bañados y la inundación de zonas secas. En el primer caso se generan terrenos secos donde se ven especies como cruceras (*Bothrops alternatus*) y liebres (*Lepus europaeus*), mientras que han mermado otras especies como el carpincho, ñandú y patos, y los cisnes que antes reposaban en la zona, ahora siguen de largo.

El sistema de canales de riego ha generado bañado en zona de palmares que al no estar adaptadas a condiciones anegadizas pasan a desaparecer. A su vez el uso excesivo de herbicidas ha afectado la flora nativa y ha contribuido a la degradación de los suelos que “terminan siendo salados”.

Resalta el valor histórico que tienen los cerritos para conocer el pasado indígena. También ha estado involucrado en varios proyectos que han buscado generar círculos turísticos en torno a los bañados y a los cerritos. A esto se le suma el valor estético, mencionando que mucha gente pide para sacarse fotos en sus cerritos e incluso que se han filmado los “exteriores” de un cumpleaños de 15 en uno de ellos.

VI. Discusión:

La información recabada permitió una aproximación a la historia de los cerritos de IMPB, cómo esta contribuyó a la estructura del paisaje y la percepción/valoración actual de esta herencia ecológica/arqueológica.

La discusión y conclusiones se presentan en función de los objetivos de la investigación, las fuentes de evidencia manejadas y los resultados alcanzados.

Los cerritos en el paisaje

Respecto a los corredores una distribución similar entre el área que ocupan y la concentración de cerritos (Tablas 26 y 27), apuntaría a que no existe una correlación entre ambos. El aspecto más informativo en este caso son justamente los espacios vacíos. Si bien IMPB está predominantemente libre cerritos, los análisis de Vecino Mas Próximo (VMP) y Agregados construidos a partir de las distancias medias observadas (DMO) indican que se trata de una red muy bien conectada y que se ubica entre los espacios no conectados por los corredores ya reconocidos para la zona (Figura 26) (Gutiérrez et al., 2012).

La hidrografía desempeña un papel crucial en la distribución de los cerritos en la IMPB (ver Tablas 14 a 19). El sistema PCSL es particularmente notable debido a su significancia en el emplazamiento y concentración de los cerritos (Tablas 20 a 23). Los paleocauces de este sistema, proporcionaban acceso continuo a recursos hídricos esenciales, configuraban el paisaje y fomentaban la creación de un entorno favorable para la subsistencia de los grupos humanos prehispánicos.

La importancia de PCSL en el emplazamiento de cerritos se hace evidente cuando se considera el efecto que tiene en la presencia y cantidad de cerritos cuando se lo compara con las variables empleadas por Panario et al (2015) para caracterizar sitios ambientales. Si bien los modelos

construidos (con excepción de IMPB Total) tienen un ajuste bajo, en la etapa descriptiva se observa que para las tres bases de datos PCSL aparece consistentemente como una variable independiente que tiene efectos positivos (aumenta la cantidad de cerritos) en la variable respuesta (Figuras 64 a 66).

A lo largo del Holoceno medio, el clima en la región ha fluctuado considerablemente entre períodos secos y húmedos. Ante estos cambios los grupos humanos desarrollaron adaptaciones y estrategias de maximización de los recursos disponibles en el bañado.

El sistema PCSL para el Holoceno medio (~ 5.000 años ^{14}CaP) fue con certeza más amplio de lo que se puede inferir a partir de los rasgos observables hoy en día, ya que muchos fueron desdibujados por procesos más recientes (Bossi y Ortiz, 2011). A grandes rasgos consistía en un sistema de drenaje de orientación NO-SE, aunque se pueden observar elementos orientados en dirección E-O.

Según Montaña y Bossi (1995) el PCSL presenta vestigios de grandes y antiguos meandros que serpenteaban a través de una extensa llanura de inundación, dejando numerosos cursos abandonados que hoy forman bañados alargados y sinuosos. El mismo fue gradualmente obstruido por abanicos aluviales en la zona de inflexión del Arroyo de la India Muerta a la vez que parte de su cuenca era capturada por el río Cebollatí (Bossi y Ortiz, 2011) (Figura 41). A partir de dataciones numéricas en cauces colmatados de este paleosistema se determinó que el proceso de entalle del Cebollatí habría tenido lugar ~ 2.500 años ^{14}CaP (Bracco et al., 2015, 2016; Mazarino et al., 2015).

A partir de ~ 2.500 años ^{14}CaP , se observa un aumento en las precipitaciones, lo que llevó a una estabilización del clima y al desarrollo de extensos bañados de agua dulce (del Puerto, 2015). El incremento en las lluvias a partir de este período pudo haber compensado la disminución de otras fuentes de agua, permitiendo que la región de IMPB continuara funcionando como un bañado en condiciones similares a las actuales (Bracco et al., 2012).

De esta manera, es plausible que el bañado en la zona de IMPB se haya mantenido de forma continua desde el Holoceno medio. Esta interpretación cobra fuerza si se considera que modelos hidrodinámicos han establecido que actualmente el bañado de India Muerta mantiene una lámina de agua que desaparece a partir de diciembre o enero y reaparece en marzo o abril, aún sin considerar el aporte de cuencas altas (PROBIDES, 1995). Esto sugiere que actualmente la lámina de agua se mantiene a partir de las precipitaciones, esto se debe al nulo potencial morfogenético de la zona, el drenaje lento y la evapotranspiración bajo las condiciones climáticas del presente.

A partir de los datos paleoclimáticos reconstruidos por del Puerto (2015) (Tabla 24) se estimó el aporte de PCSL a las planicies de IMPB para el intervalo desde ~ 5.500 a ~ 3.000 años ^{14}CaP (Tabla 25).

Los grandes y antiguos meandros del PCSL, proporcionaron una fuente segura y constante de agua potable, pesquerías, y otros recursos vinculados a los bañados, contribuyendo significativamente a la estabilidad y continuidad de los asentamientos humanos a lo largo de la región de IMPB.

Modelos paleoclimáticos indican que, aun cuando la precipitación de la estación húmeda disminuyó en un 20% y el caudal de la cuenca alta del río Cebollatí disminuyó hasta un 18,75% respecto a las condiciones presentes, el PCSL era capaz de verter volúmenes significativos de agua en IMPB (ver Tablas 27 y 28).

Utilizando los mismos criterios utilizados por Gutiérrez et al (2012) se puede afirmar que el PCSL actuaba como un importante corredor biológico. Este corredor facilitaba la interconexión de diferentes comunidades de flora y fauna, promoviendo la biodiversidad y estabilidad de ecosistemas.

La persistencia de cerritos en las cercanías del PCSL a lo largo de milenios revela una continuidad cultural y natural. Los grupos que elevaron cerritos desarrollaron sistemas y tecnologías eficientes para maximizar el uso de los recursos disponibles en ambientes de bañado y minimizar el impacto de los períodos de estrés ambiental.

Los bañados asociados al PCSL mantenían una lámina de agua durante gran parte del año, sostenida no solo por aportes de la cuenca alta del río Cebollatí sino también por el drenaje lento del terreno, el escaso potencial morfogenético, y la evapotranspiración en condiciones climáticas más frías. Estos factores proporcionaron un ambiente favorable que contrastaba con las zonas circundantes más secas, haciendo de los bañados de PCSL un refugio esencial para la subsistencia humana y la biodiversidad. La alta concentración de cerritos en estas áreas subraya un uso intensivo y sostenido de los recursos del PCSL, que habría permitido no solo la supervivencia, sino que también habría alentado cambios en la organización social y modos de subsistencia.

El sistema PCSL emerge como un elemento central en: (a) la estructura del paisaje hidrográfico actual donde forma bañados, y (b) en la historia, subsistencia y desarrollo cultural de los grupos humanos prehispánicos que elevaron los cerritos. Su capacidad para mantener un suministro constante de agua y actuar como corredor biológico, combinado con las estrategias adaptativas de los grupos prehispánicos, garantizó una estabilidad ecológica y cultural a lo largo de milenios.

Como afirman Bossi y Ortiz (2011) el PCSL, era un sistema de amplios meandros, lo cual se explica por la escasa pendiente. Este sistema abandonaba la carga detrítica en el punto donde fue capturado por el río Cebollatí, así lo refleja la textura de los sedimentos asociados a él; principalmente pelitas y arenas muy finas en los albardones (Bossi y Ortiz, 2011; Montaña y Bossi 1995). Este sistema conectaba parte de lo que hoy en día son el arroyo de India Muerta y el río San Luis y desembocaba en la Laguna Blanca. Planteado de esta manera se trataría de un sistema divagante, pero con un drenaje en dirección NO-SE.

Sin embargo, hay evidencias de que el PCSL contaba con cauces que atravesaban IMPB en dirección N-S. Parte del proceso de captura del PCSL por el río Cebollatí logró ser datado a partir de un curso colmatado del arroyo Cañada Grande, al sur de IMPB (Bracco et al., 2012). La cronología de este proceso fue confirmada mediante la datación de un paleocauce colgado al norte de IMPB (Bracco et al., 2012; Mazarino et al., 2015). En conjunto la datación de estos registros permitió ubicar el momento de captura en ~ 2.500 años ¹⁴C aP. Esto quiere decir que previo a la captura había elementos de PCSL que fluían en dirección N-S y que el arroyo Cañada Grande y sus tributarios como el arroyo de Los Ajos y Estero Pantanosa eran uno de estos elementos.

Estos datos apuntan a que el patrón de drenaje de PCSL habría sido de río anastomosado. Este patrón de drenaje es típico en cursos donde hay una alta proporción de carga en relación al caudal (Leopold y Wolman, 1957). Aunque el aporte sedimentario que llegaba de la cuenca alta del río Cebollatí consistía básicamente en pelitas, dado el nulo potencial morfogenético que presenta IMPB se puede decir que PCSL se habría comportado más como un curso anastomosado que como uno meandroso. Los datos cronológicos y geomorfológicos apuntan a que Cañada Grande y sus tributarios habrían sido una de las grandes ramas en las que se dividía PCSL.

Los Agregados por DMO e IRC reafirman esta observación. Los Agregados construidos a partir de las distancias que reflejan los arreglos sociales (*sensu* Bracco et al., 2015) indican que los conjuntos más grandes se ubican a cada lado de los arroyos de Los Ajos y Cañada Grande en los sitios Martínez Damonte (MD), Los Ajos (LA), Estancia Mal Abrigo (EMA) y Campo Alto (CA). En conjunto reúnen 280 cerritos (26,41%) del total de cerritos de IMPB, en un área de 520 km² (37,54%), con una densidad de 0,53 c/km². Todos ellos se encuentran en Colinas cristalinas propiamente y entre ellos fluye hoy un muy tímido Cañada Grande, que una vez contó con un caudal mayor como parte del PCSL.

Esto es consistente con grupos humanos que desarrollaron estrategias de subsistencia basada en los recursos de los ecosistemas de bañado mantenidos por PCSL (ver por ejemplo Bracco et al., 2019a, b y c). De acuerdo con Gazzan et al (2022) la ocupación en colinas se generaliza e intensifica a partir de ~ 4.500 años ¹⁴C aP al mismo tiempo que se registra el pico de mayor aridez (del Puerto, 2015). Gracias a que PCSL fluía por lo menos en parte por lo que hoy es Cañada Grande se generaron grandes concentraciones de cerritos en estos cuatro puntos particulares del paisaje.

El Índice Relativo de Centralidad (IRC) apunta a una centralidad que emana desde Estancia Mal Abrigo (EMA) hacia el resto de la zona, pero se pueden observar altos niveles de centralidad (cuarto y hasta quinto quintil) en Los Ajos (LA), Martínez Damonte (MD) y Campo Alto (CA) resaltando la importancia que tuvieron estas unidades del paisaje en el emplazamiento de los cerritos de IMPB.

En resumen, se puede decir que la razón por la que hoy los cerritos son ocupados por los “vacíos” entre corredores biológicos se debe a que frente a los cambios ambientales del Holoceno medio los grupos humanos desarrollaron adaptaciones y modos de subsistencia centrados en el aprovechamiento y maximización de retorno de los recursos de bañado.

Al momento del comienzo de la elevación de los cerritos estos ambientes se encontraban en torno al PCSL el cual incluía drenajes de orientación NO-SE y N-S. Los cerritos son el resultado de estas estrategias e introdujeron parches en la matriz en forma del paisaje. Una vez instauradas las condiciones climáticas actuales el sistema fluvial se reorientó en dirección O-E, el bañado de India Muerta siguió funcionando como bañado gracias al aumento de las precipitaciones a la vez que la reconfiguración del sistema fluvial iba generando bañados en zonas más bajas. Los grupos adaptados a estos ambientes se fueron expandiendo y la presión constructiva en IMPB disminuyó, pero no cesó (al respecto ver Bracco et al., 2015: Tabla 1).

Al tratarse de zonas más amplias los bañados de agua dulce que se iban formando con el descenso del nivel del mar y la instauración de condiciones climáticas más cálidas y húmedas los recursos ya no se encontraban concentrados en áreas tan reducidas. Esto explica por qué los cerritos en zonas más bajas presentan agrupaciones menores, menor densidad y períodos de construcción más cortos (Bracco et al., 2011a).

Análisis de distribución

Se llevaron a cabo una serie de análisis estadísticos multivariados las asociaciones, aunque relevantes para el problema, son débiles. Los resultados obtenidos mediante el ACoP, Análisis de Clúster y Matriz de similitud, revelaron asociaciones muy limitadas entre las variables. La presencia de asociaciones tan bajas sugiere la influencia de otras variables no consideradas en la ubicación de los cerritos y/o que las mismas han fluctuado a lo largo del tiempo. Por lo tanto, aunque se examinan los resultados en términos de las asociaciones identificadas por estos análisis, es importante considerarlos como elementos que respaldan un argumento conceptual más que como datos cuantitativos robustos.

Las variaciones en las asociaciones se deben a tres factores:

- 1- En primer lugar, cada base de datos cuenta con un número distinto de cerritos.
- 2- En segundo lugar, las áreas cubiertas son distintas, Bracco (2019) e IMPB Total comparten la misma área, no obstante, cuentan con cantidades distintas de cerritos. Gazzan et al (2022) abordan un área de menor extensión donde no están representadas todas las variables que sí están para Bracco (2019) e IMPB Total.
- 3- En tercer lugar, los métodos utilizan enfoques diferentes. El ACoP se enfoca en las relaciones que explican más varianza en los datos, identificando las asociaciones más fuertes. El análisis de clúster muestra cómo las variables se agrupan en términos de similitud global, pudiendo incluir asociaciones más débiles. Por su parte la matriz de

similitud proporciona una medida directa de coocurrencia entre elementos, mostrando asociaciones que pueden no ser las más fuertes, pero sí las más frecuentes.

Mientras que el ACoP puede destacar asociaciones más fuertes, el análisis de clúster puede incluir relaciones más amplias y la matriz de similitud puede identificar coocurrencias más sutiles.

Como síntesis global de estos tres análisis, se puede afirmar que los cerritos muestran una fuerte y consistente asociación con zonas bajas de formaciones sedimentarias y presencia de agua. Las asociaciones más fuertes se dan con: formaciones geológicas de origen Sedimentario (FGO_2), Cursos de Agua (CA), Paleocauces (PALEO), Llanura media encharcada (LMb), Llanura media continental (LM) y Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri). Más débiles, pero igualmente relevantes son las asociaciones con: Corredores Biológicos (CO), Paleo-Cebollatí-San Luis (PCSL), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Llanura alta continental (LA), Bañados de arroyos (Ba), Lomadas (M), formaciones geológicas de origen Ígneo (FGO_1) y Colinas cristalinas (C).

La asociación con la presencia en corredores biológicos y áreas de alta biodiversidad como lo son los bañados sugiere que los cerritos pueden jugar un papel importante en la ecología local. Por lo tanto, la identificación y protección de estos parches puede ser crucial para la preservación de estos ecosistemas.

A primera vista, estos resultados respaldan, a través de métodos analíticos, las observaciones y asociaciones que han sido destacadas desde los primeros investigadores pioneros hasta los arqueólogos profesionales. Sin embargo, es posible realizar algunas puntualizaciones innovadoras a partir de estos resultados.

La constante conexión de los cerritos con las áreas actualmente encharcadas, combinada con los modos de subsistencia reflejados en el registro arqueológico y tomando en consideración los cambios ambientales en la región, sugiere que, a pesar de las fluctuaciones climáticas desde el Holoceno medio en adelante, es plausible inferir que la condición de "encharcamiento" ha sido constante desde que los cerritos comenzaron a elevarse hace ~ 5.500 años ¹⁴C aP. Esto explicaría por qué este fenómeno se expande con la ampliación de ambientes bañados a partir de ~ 3.000 años ¹⁴C antes del presente, coincidiendo con el inicio de la transición a condiciones climáticas similares a las actuales.

Estas asociaciones entre los cerritos y las diversas variables paisajísticas identificadas sugieren una compleja red de interacciones y factores que podrían estar influyendo en la distribución y ubicación de estos sitios. La asociación con cuerpos de agua y diferentes tipos de terrenos resalta la importancia de considerar no solo factores locales, sino también regionales, en el estudio de los cerritos y su contexto. Estos resultados subrayan la necesidad de adoptar un enfoque holístico que integre múltiples variables paisajísticas y geográficas para profundizar en la comprensión de la distribución espacial de los cerritos y su significado dentro del paisaje arqueológico de IMPB.

Modelo Lineal Generalizado

La estadística refleja las relaciones matemáticas que describen la interacción entre una o más variables aleatorias y otras variables que no son aleatorias. Los métodos estadísticos permiten representar y analizar la dependencia y las asociaciones entre diferentes variables, proporcionando una base cuantitativa para la inferencia. Sin embargo, no todos los fenómenos pueden ser explicados en términos puramente cuantitativos. Esto no quiere decir que una explicación carezca de fundamentos por no tener un correlato matemático. Los modelos expresados en lenguaje ordinario tienen la capacidad de conceptualizar y entender complejos conjuntos de componentes interrelacionados. Aunque estos modelos no siempre pueden ser formulados o respaldados mediante métodos cuantitativos, el corolario de una explicación conceptual puede ser valioso a la hora de abordar distintos sistemas, ya que permiten comprender su dinámica y comportamiento, facilitando la identificación de patrones, relaciones causales y la implementación de soluciones prácticas en contextos donde la formalización matemática no es viable (Von Bertalanffy, 1968).

El único MLG que logró un ajuste moderado fue IMPB Total, siendo capaz de explicar aproximadamente el 20% de la variabilidad de los datos. En términos de cuándo se considera que un modelo es "bueno" en función de la cantidad de variabilidad explicada, no existe un porcentaje estándar. El poder explicativo de un modelo varía según el tipo de datos y el campo disciplinario en cuestión. Factores como la multicolinealidad y la complejidad de los elementos que influyen en el fenómeno modelado determinan este umbral, que puede ser tan bajo como un 20% en ciencias sociales y tan alto como un 60% en ecología. Dado que el MLG de IMPB Total aborda datos complejos relacionados con la materialidad del comportamiento humano en un extenso lapso de tiempo, así como factores ambientales y paleoambientales, su capacidad explicativa permite extraer conclusiones respaldadas por datos cuantitativos, a pesar de no lograr explicar una porción más alta de la variabilidad de los datos.

Las únicas variables que tienen un efecto estadísticamente significativo y positivo en la cantidad de cerritos son: Rocosidad Media: $>2\%$ a $\leq 25\%$ (RO_2), Sedimentos aluviales de textura variada (LI_1) y PCSL. La distribución de estas variables en las unidades geomorfológicas en el área de estudio proporciona observaciones significativas sobre las características del paisaje y sus posibles implicaciones en el emplazamiento de los cerritos.

La variable PCSL está presente en un 16,31% del área, domina en las unidades geomorfológicas Llanura alta continental (LA), Llanura media encharcada (LMb) y Llanura media continental (LM). Con valores más bajos también está presente, en Bañados de arroyos (Ba), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Colinas cristalinas propiamente (C), Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit), y Bañados encharcados no diferenciados (Brnd).

Las variables Rocosidad Media: >2% a <= 25% (RO_2) ocupa el 3,17% de IMPB y se encuentra principalmente en Colinas cristalinas propiamente (C), Sierras transicionales colinas-lomadas basálticas (Cm), Sierras (SR), y en menor medida se encuentra en Llanura media continental (LM), Lomadas (M) y Llanura alta continental (LA).

La variable de Sedimentos aluviales de textura variada (LI_1) abarca el 33,48% de la superficie de IMPB, siendo predominante en las zonas de Llanura media encharcada (LMb), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs) y Llanura media continental (LM). También se presenta, en menor medida, en Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri), Bañados de arroyos (Ba), Llanura alta continental (LA), Colinas cristalinas (C) y Bañados encharcados siempre sumergidos y turbosos (Brit).

Las únicas unidades geomorfológicas donde se encuentran estas tres variables juntas son: Colinas cristalinas propiamente (Cm), Llanura media continental (LM), Llanura alta continental (LA), Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) y Bañados de arroyos (Ba). Estas unidades representan una transición de la Zona Central pasando por Zona de Planicies Medias, Zona de Planicies Altas y Zona Sumergible. O sea que como variables explicativas apuntan a que los cerritos se ubican en ecotonos entre la Zona Central y la Zona sumergible donde en pocos km² se puede acceder fácilmente a una amplia gama de recursos vegetales silvestres.

La relación entre las variables explicativas con las unidades geomorfológicas sugiere que el emplazamiento de cerritos estuvo influenciado por una combinación de estabilidad geológica y buen drenaje. Las colinas y sierras ofrecen la estabilidad y el drenaje necesarios, mientras que PCSL proporcionaba acceso a ambientes altamente productivos combinando estabilidad y acceso a una amplia oferta de recursos para los grupos humanos. De acuerdo con este modelo las variables que mejor explican el emplazamiento de los cerritos se localizan en ecotonos entre la Zona Central y la Zona sumergible.

Estos ecotonos habrían ofrecido una amplia gama de recursos vegetales para los grupos humanos que elevaron los cerritos y con una variedad de utilidades (Mazarino, 2023). En las zonas rocosas de las Colinas cristalinas propiamente dichas (Cm), las comunidades xerófitas albergan especies con propiedades medicinales, industriales y alimenticias. Por otro lado, las áreas dominadas por comunidades mesófilas en la Llanura media continental (LM) y Llanura alta continental (LA) exhiben una abundancia de especies vegetales con usos alimenticios identificados. Adicionalmente, las comunidades hidrófitas características de los Bañados encharcados temporalmente secos (Brs), Bañados encharcados siempre sumergidos (Bri) y Bañados de arroyos (Ba) ofrecen una amplia gama de especies con propiedades medicinales e industriales.

O sea que las variables explicativas se alinean muy bien con la oferta de recursos vegetales silvestres según se puede observar a partir del mapeo actual de FV (Barreneche y Zarucki, 2017 a y b).

Desde una perspectiva de gestión de recursos faunísticos, la estratégica ubicación en estos ecotonos habría facilitado el control y la influencia en la distribución de los recursos en el sur de la región de CLM. La fluctuación temporal y espacial de estos recursos en el área, como señala Pintos (2000), resalta la importancia de estos puntos de transición ecológica como nodos clave para la regulación y manejo efectivo de la fauna en la región.

Los recursos identificados como relevantes para los modos de subsistencia a partir del registro arqueológico se encuentran presentes en las unidades geomorfológicas donde están presentes las variables explicativas lo que sugiere que el gradiente de recursos desde colinas a bañados se ha mantenido a lo largo del tiempo (ver Figura 71). Esto se explica gracias a la presencia de PCSL que en algún momento mantuvo este gradiente en forma de curso anastomosado que formaba humedales en sus planicies de inundación y hoy como parte de las distintas unidades clasificadas como bañados.

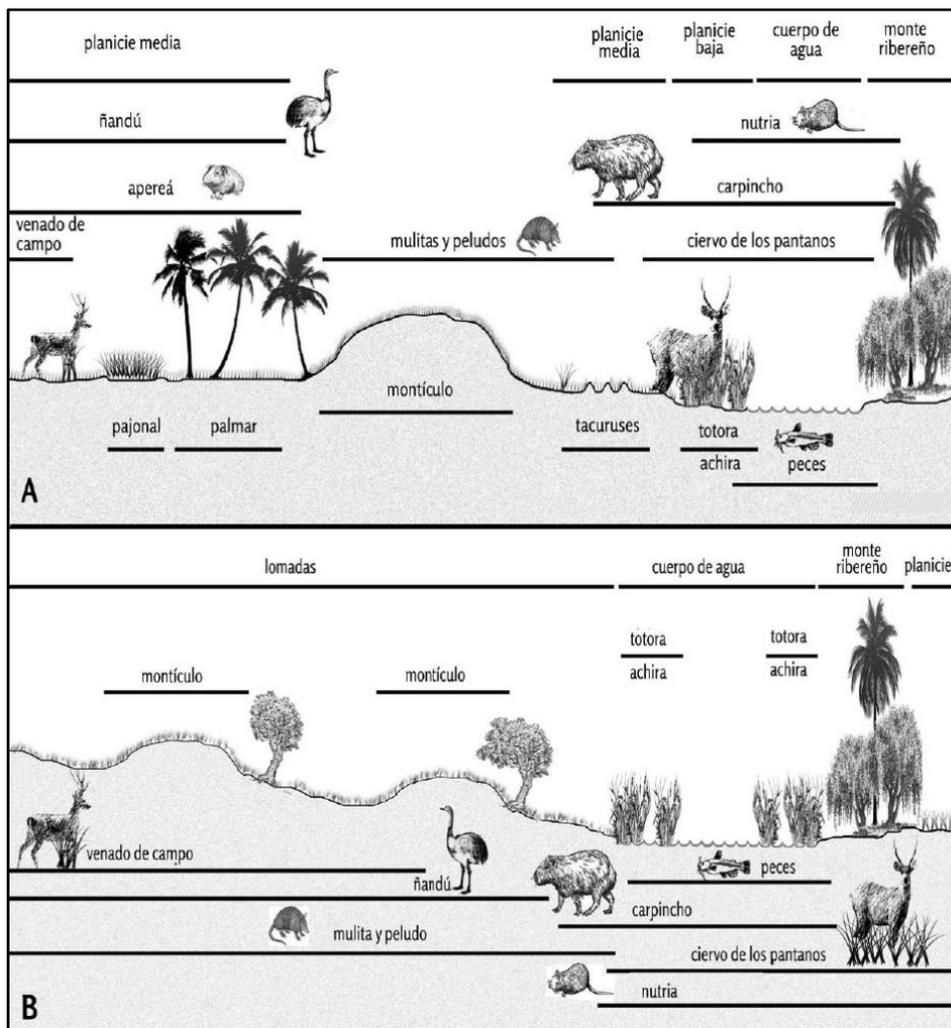


Figura 71 Gradiente de recursos de la colina (A) al bañado (B) (tomado de Moreno, 2014).

De hecho, los cuatro sitios más numerosos y densos (CA, EMA, LA y MD) se ubican justamente en estas zonas ecotónicas lo que indica que los recursos (fauna y vegetales silvestres) disponibles jugaron un papel clave para el emplazamiento de cerritos.

Testimonios orales

Las entrevistas realizadas reflejan una rica interacción entre los habitantes de Paso Barrancas y los cerritos. A través de estos relatos, se observa cómo los cerritos no sólo forman parte del paisaje cultural y natural, sino que también desempeñan un papel crucial en la subsistencia y la identidad de las comunidades locales.

La percepción de los cerritos y su entorno natural entre los entrevistados revela un fuerte vínculo entre la comunidad y el paisaje que habitan. Las experiencias compartidas en las entrevistas destacan la importancia histórica y cultural de estos sitios, además de su valor ecológico.

Las percepciones varían desde la valoración histórica y arqueológica hasta el uso práctico en la agricultura y el refugio para el ganado. A pesar de los cambios ambientales y las amenazas a estos sitios, los cerritos siguen siendo un componente vital de la vida en Paso Barrancas.

Los cerritos han sido apreciados como hitos históricos por sus ocupantes modernos. La recolección de artefactos como boleadoras, puntas de flecha y restos cerámicos no solo denota un interés por el pasado, sino también un reconocimiento de la larga ocupación humana en la región. Esta apreciación histórica se refleja en la curiosidad y el respeto hacia los antiguos habitantes, como lo expresado por Gabriela Infante.

La interacción con el entorno natural, especialmente la recolección de plantas medicinales y alimentos, subraya el conocimiento y el manejo tradicional de los recursos. Las prácticas de pesca y caza también forman parte integral de la subsistencia y cultura local. Los testimonios muestran una relación sostenible con el medio ambiente, donde la extracción de recursos se hacía de manera controlada para asegurar la continuidad de las especies.

La desecación de los bañados y la tala de palmares han tenido un impacto significativo en la biodiversidad local. La disminución de especies como la nutria (*Myocastor coypus*), el carpincho (*Hydrochoerus hydrochaeris*) y diversas aves es una preocupación recurrente en los relatos de los entrevistados. Estos cambios ambientales son atribuidos en parte a las prácticas agrícolas modernas, que alteran el equilibrio natural de los ecosistemas.

Los cerritos no son solo rasgos del paisaje, sino también testimonios vivos de la historia y la cultura de sus habitantes. La interacción con estos sitios y su entorno natural muestra una conexión profunda y un respeto por el pasado y los recursos naturales. Sin embargo, la transformación del paisaje debido a prácticas modernas plantea desafíos para la conservación de estos valores históricos y ecológicos.

La diversidad de experiencias y usos destacados en estas entrevistas subraya la importancia de considerar múltiples perspectivas en la gestión y preservación de los cerritos, integrando el conocimiento y las prácticas locales con los esfuerzos de conservación.

Los cerritos de Paso Barrancas son más que simples montículos en el paisaje; son parte integral de la historia, la cultura y la vida cotidiana de la región. A través de estas entrevistas, se ha revelado la profunda conexión que los habitantes tienen con estos sitios, así como la necesidad de preservar tanto su valor cultural como su utilidad práctica. Esta comprensión integral es esencial para cualquier esfuerzo futuro de conservación y gestión sostenible en la región.

Los testimonios orales recopilados ofrecen una perspectiva valiosa sobre el uso de los cerritos como huertas, un aspecto que se ha mencionado previamente en la literatura y que se remonta al final del siglo XIX y principios del XX hasta la actualidad.

El testimonio oral es una herramienta invaluable para capturar la historia, las tradiciones y las experiencias de las comunidades locales. En el caso específico de los cerritos utilizados como huertas, estos relatos orales revelan una conexión profunda entre las personas y la tierra, así como la evolución de su uso a lo largo del tiempo.

La confirmación del uso de los cerritos como huertas desde finales del siglo XIX hasta la actualidad proporciona una perspectiva histórica sobre la relación de las comunidades con el entorno natural. A lo largo de los testimonios recopilados, emerge un conocimiento detallado y práctico sobre la identificación de los cerritos, sus variaciones y las especies que los habitan. Este conocimiento empírico transmitido de generación en generación resalta la importancia de preservar las prácticas tradicionales en un mundo cada vez más industrializado.

La observación de que los cerritos más alejados de las zonas húmedas suelen tener una vegetación menos densa sugiere que los informantes son capaces de reconocer una adaptación natural a las condiciones del entorno. La habilidad de algunos informantes para distinguir entre diferentes tipos de cerritos, como aquellos con vegetación densa y los despejados, refleja una profunda comprensión de las dinámicas ecológicas locales. Este tipo de conocimiento empírico es invaluable para la gestión sostenible de los recursos naturales y la conservación de la biodiversidad.

La utilización de tierra de cerritos como fertilizante en jardines resalta la importancia cultural y práctica de estos espacios en la vida cotidiana de las comunidades locales. Este intercambio de recursos entre los cerritos y los hogares muestra la interconexión entre la agricultura, la alimentación y la preservación de la biodiversidad local. Asimismo, la construcción de viviendas sobre los cerritos demuestra la adaptabilidad de las personas a su entorno, así como la valoración de estos espacios como lugares de refugio y subsistencia.

El impacto de la expansión de actividades económicas como la agricultura y la ganadería en los cerritos es evidente en los testimonios recopilados. La degradación ambiental y la pérdida de especies vegetales son consecuencias directas de esta transformación del paisaje por el sector

agroindustrial. La desaparición de ciertas especies vegetales, antes comunes en la zona, ilustra el impacto negativo del sector en la biodiversidad local y resalta la urgencia de implementar medidas de conservación y restauración ambiental.

La atracción estética de los cerritos y su contraste con las zonas húmedas representan un aspecto fundamental de su valor cultural y paisajístico. Este contraste visual no solo atrae la atención de las personas, sino que también inspira la realización de actividades que resaltan la belleza y la singularidad de estos espacios. El mantenimiento de esta interacción entre la naturaleza y la cultura es esencial para preservar la identidad y el patrimonio de las comunidades locales.

Los testimonios orales sobre el uso de cerritos como huertas ofrecen una visión rica y multifacética de la relación entre las personas y la tierra. Estas narrativas revelan no solo la importancia práctica de los cerritos como fuentes de alimento y refugio, sino también su valor simbólico y estético en la vida de las comunidades locales. Preservar y respetar este conocimiento tradicional es fundamental para garantizar la sostenibilidad ambiental y cultural.

Los cerritos como conectores a nivel local

A la luz de estos resultados se hace evidente que los cerritos deben ser incorporados a las unidades del paisaje. Dado lo expuesto hasta aquí es claro que un cerrito introduce variables significativas de forma que una unidad del paisaje no es lo mismo con o sin cerritos. Esto es particularmente cierto para las zonas de borde de colinas. Se trata de ecotonos entre dos unidades por lo que puede presentar especies de ambas en un espacio relativamente reducido, a lo que se le suma la riqueza y diversidad que introducen los cerritos (ver del Puerto, 2023). Este ecotono debería caracterizarse precisamente en función de su sucesión ecológica, riqueza y diversidad de especies, y presencia de cerritos.

Con los datos recabados se puede ensayar una primera aproximación a las zonas ecotonales que deberían ser consideradas como unidades en sí mismas y deberían ser caracterizadas a mayor detalle (ver Figura 72). Las zonas ecotonales con estas características se encuentran principalmente en las zonas de Sierra de Los Ajos e Isla Cristalina de Campo Alto.

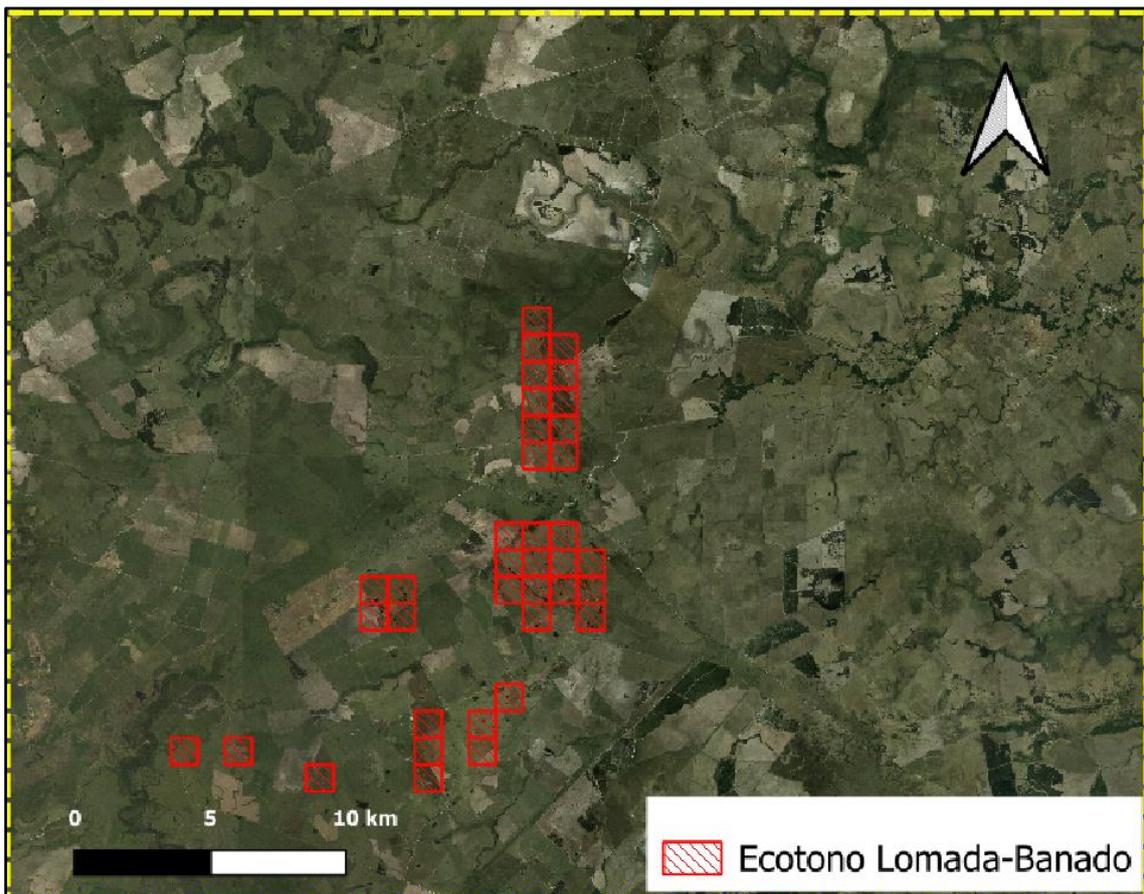


Figura 72 En rojo zonas ecotonales que deberían ser caracterizadas.

Para IMPB Total, el área total de los agregados por Vecino Más Próximo (VMP) es de 317,54 km², lo que representa un 22,91% del área total del IMPB. Esta superficie ubicada entre los corredores indica que los cerritos pueden funcionar como conectores de nivel local. Teniendo en cuenta que en muchos casos son las únicas formaciones boscosas en un ecosistema cada vez más fragmentado. Incluso los cerritos sin bosque mantienen una cobertura arbustiva y de pastizal al ser esquivados por la agricultura, por lo que constituyen los únicos reparos para distintas especies que dependen de estas coberturas para atravesar la matriz.

Los 5 los agregados por Vecino Más Próximo (VMP) más grandes corresponden a Martínez Damonte (MD), Estancia Mal Abrigo (EMA), Los Ajos (LA) y Campo Alto (CA) ubicados en el ecotono colina-bañado.

Si bien el Modelo Lineal Generalizado (MLG) indica que los puntos que concentran mayor cantidad y densidad de cerritos se encuentran en ecotonos colina-bañado esto no quiere decir que los cerritos más dispersos en la matriz no constituyan elementos estructurales funcionales del paisaje. Dada la evolución ambiental y geomorfológica de IMPB y las estrategias adaptativas de los grupos humanos que los elevaron, los cerritos constituyen lo que Benthup (2008) ha denominado “stepping stone patches”.

Esto son pequeños parches que pueden permitir el movimiento de especies entre parches mayores y son particularmente importantes en paisajes fragmentados (Bentrup, 2008). La fragmentación puede resultar de la agricultura, canalización y diversos usos del suelo. Como “stepping stone” o piedras de paso, este tipo de parches pueden conformar corredores que aportan resiliencia al sistema ante la pérdida o degradación de otros corredores mayores. Sin embargo, al no tratarse de una superficie continua este tipo de corredores suele ser muy susceptible a la pérdida de unos pocos individuos (Figura 90) (Bentrup, 2008). Si se considera que para especies como algunos mamíferos y reptiles pequeños el área de hábitat mínima es ~ 2 hectáreas este tipo de parches puede ser clave para mantener la conectividad de sus hábitats mayores (Bentrup, 2008).

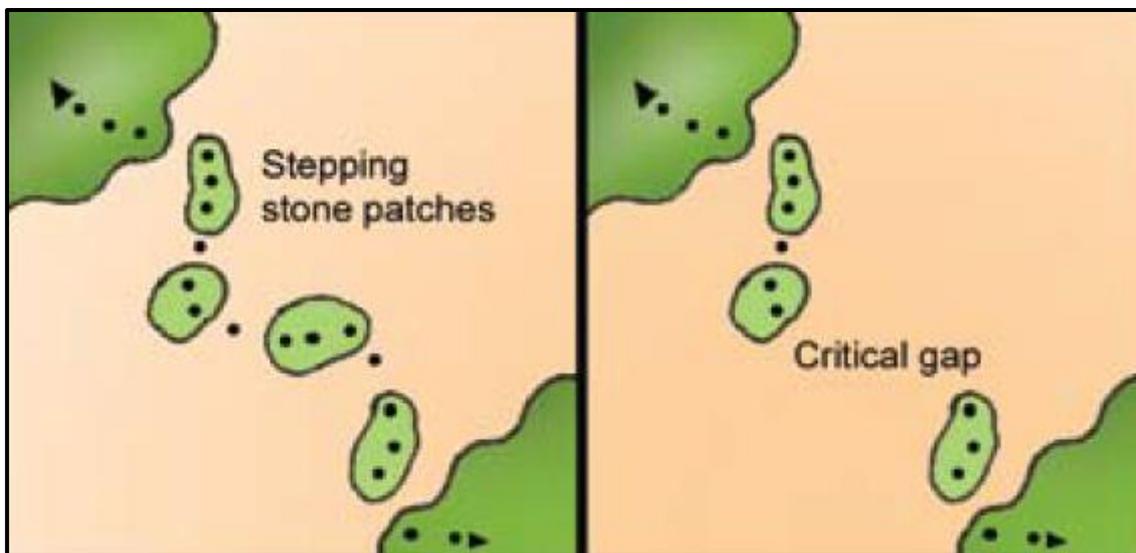


Figura 73 Parches/Corredor. Bien conectado, a la izquierda y con vacíos críticos a la derecha. Obsérvese que la remoción de unos pocos individuos puede cortar este corredor (tomado de Bentrup, 2008).

A modo de ejemplo se presentan 12 conjuntos en diferentes ubicaciones respecto a los corredores que ilustran este punto (ver Figuras 37 a 39). En ellas se puede apreciar el fuerte contraste de los cerritos con la matriz. Al tratarse de un ecosistema cada vez más fragmentado, incluso dentro de los corredores los cerritos aportan continuidad a estos elementos estructurales del paisaje.

Esto quiere decir que los cerritos son parches y conectores clave en el paisaje, lo cual cobra aún mayor relevancia si consideramos que la mayoría de los cerritos se encuentran en zonas de alta Riqueza Potencial de Especies (RPE) para reptiles, anfibios y mamíferos. Esto implica que al valor patrimonial, histórico y arqueológico que ha funcionado como argumento a la hora de

establecer ciertas cautelas como medida de conservación, ahora se debe sumar el servicio ecosistémico que cumplen los cerritos.

Para ilustrar este punto, a continuación, se enumeran algunos de los servicios ecosistémicos (*sensu* Millennium Ecosystem Assessment, 2005) que de acuerdo se puede inferir de los datos, están proporcionando los cerritos. Cabe mencionar que esta lista no pretende ser exhaustiva:

- Servicios de regulación: Las plantas sexuadas como el ombú requieren mantener una variedad de individuos para evitar la predominancia de un solo sexo y así mantener un pool genético saludable. En los cerritos, donde los ombúes proliferan y son escasos en la matriz circundante, contribuyen a mantener un pool genético diverso. Esto es crucial en una matriz que está experimentando degradación, ya que aporta resiliencia a la población de esta especie nativa que forma parte de los montes naturales de la zona.
- Servicios de aprovisionamiento: Los cerritos concentran recursos de los cuales tanto humanos como animales obtienen beneficios. Para los humanos sigue aportando elementos medicinales como yuyos, o fertilizante, y para los animales como el tatú y la mulita proporciona condiciones de suelo y alimentos que los hace hábitats óptimos.
- Servicios culturales: Las entrevistas a informantes clave dieron cuenta que existen distintos aprovechamientos, tanto materiales como inmateriales. Dentro de los materiales se puede destacar su uso como huerta, refugio para el ganado e incluso vivienda. Dentro los inmateriales se puede citar el disfrute del atractivo de los cerritos. Uno de los entrevistados relata que los cerritos en su propiedad llaman la atención de la gente que le pide autorización para tomarse una foto en ellos. Un caso especialmente llamativo es la filmación de “exteriores” para un cumpleaños de quinceañera, que culturalmente marca un hito en la vida.
- Servicios de soporte: Los procesos que se dieron y se dan en los cerritos producen un suelo fértil y que permite el desarrollo de otros servicios ecosistémicos. Es gracias a estas propiedades que sustentan una vegetación diferencial que en sí misma es uno de los atributos que hace funcionen como parches.

El rol de los cerritos como conectores del paisaje viene dado en parte por los cambios ambientales del Holoceno medio y los ajustes del sistema fluvial derivados de ellos, y en parte por las estrategias adaptativas desarrolladas por los grupos humanos que los elevaron. En este sentido la hidrografía y en particular el sistema PCSL son clave para entender como los cerritos llegaron a jugar el papel que juegan hoy en día en el paisaje.

Perspectivas y futuras investigaciones

Los resultados alcanzados en esta investigación permiten vislumbrar una serie de nuevas líneas de investigación que podrían ser exploradas en profundidad. En primer lugar, se hace evidente la necesidad de profundizar en la composición de la cobertura vegetal de los cerritos de indio, un aspecto que, aunque se ha comenzado a explorar, aún requiere más investigación. Si bien los

rasgos edáficos observados en estos cerritos presentan patrones consistentes y recurrentes, es necesario investigar cómo las características particulares de cada cerrito influyen en el desarrollo de su cobertura vegetal. Este enfoque no solo contribuiría a enriquecer el entendimiento ecológico de estas estructuras, sino que también aportaría conocimientos sobre su función en un ecosistema más amplio, como es el de los humedales del este. En los casos analizados, se ha evidenciado que la vegetación presente en los cerritos no tiene un análogo directo en la matriz ambiental circundante (del Puerto et al., 2023). Por lo tanto, avanzar en el conocimiento de la diversidad y riqueza de especies que sustentan estos cerritos es fundamental para evaluar su valor en términos de la salud y resiliencia del ecosistema de los bañados, especialmente en un contexto donde la fragmentación del hábitat se convierte en un problema creciente.

Entender cómo se integra un cerrito o conjuntos de cerritos dado en la matriz del paisaje no puede hacerse cabalmente sin abarcar la historia cultural del mismo. El cerrito como parche es el resultado de su historia la cual no puede reducirse a las propiedades geoquímicas de su matriz sedimentaria. El número de cerritos investigados e intervenidos estratigráficamente de forma sistemática es extremadamente bajo. Entender a los cerritos como parches requiere abordarlo de una forma holística, desde su cultura material, las actividades que en ellos se desarrollaron y significado y valor que tuvieron para los grupos que los elevaron.

Adicionalmente, es crucial reconocer que los cerritos no solo son elementos geográficos, sino también hábitats vitales para diversas especies, entre ellas, las mulitas y tatús (entre tantas otras). Más aún, existe evidencia que sugiere que estos montículos desempeñan un rol significativo en la circulación de especies como el zorro gris, un aspecto sobre el cual aún se carece de conocimiento. Profundizar en el estudio de la fauna asociada a los cerritos es esencial, no solo para comprender mejor su función ecológica, sino también para diseñar estrategias de conservación que garanticen la preservación de estos entornos.

Otro camino de investigación que emerge a partir de las entrevistas realizadas a informantes locales es el estudio del conocimiento y el manejo tradicional de los recursos presentes en los cerritos. Este enfoque se asemeja al entendimiento que se tiene sobre las "terras pretas de índio" en la cuenca del río Amazonas, donde los pobladores actuales continúan beneficiándose de estos suelos altamente fértiles que han sido moldeados por la actividad humana desde el Holoceno reciente. De hecho, muchos de ellos han desarrollado clasificaciones propias de los diferentes tipos de suelos, adaptadas al valor que poseen como substratos productivos. Este saber tradicional no solo forma parte de su estrategia de manejo de recursos, sino que se transmite de generación en generación, constituyendo lo que se conoce como "folk taxonomy". Este término se refiere a la forma en que las comunidades categorizan y clasifican seres vivos, objetos o conceptos, basándose en el conocimiento común y las experiencias cotidianas, en contraste con las clasificaciones científicas formales (Brent et al., 1968; Fraser et al., 2011). A través de esta investigación, se ha podido vislumbrar una claridad en el conocimiento que poseen los informantes sobre las propiedades edáficas de los cerritos, los cuales son referidos como "tierras húmicas". Existen relatos sobre la práctica de extraer tierra de los cerritos para utilizar en

jardines, lo que sugiere una categorización de ciertos aspectos ambientales que surgen de la interacción humana con el medio y son transmitidos generacionalmente.

VII. Conclusiones:

Desde por lo menos el Holoceno medio IMPB presentó un gradiente de recursos colina-bañado que transformó a las puntas e islas rocosas en puntos clave para el emplazamiento de grupos humanos prehispánicos que introdujeron perturbaciones en la matriz del paisaje en forma de cerritos. El registro arqueológico muestra una fuerte tendencia a adaptaciones a las condiciones más locales de IMPB que implicó tanto los faunísticos como vegetales. Los resultados alcanzados indican que los cerritos de IMPB se emplazan en puntos ecotonales que apuntaron a reducir el riesgo mediante el aprovechamiento de una amplia gama de recursos.

Desde el máximo transgresivo del Holoceno (~ 5.000 ¹⁴C aP) hasta el Holoceno medio (~ 3.000 ¹⁴C aP) IMPB contaba con un ambiente altamente productivo gracias al paleosistema fluvial PCSL. El mismo habría corrido en sentido NO-SE y N-S, pasando entre las puntas de las colinas y afloramientos cristalinos, este sistema habría mantenido una capa de agua durante gran parte del año, y probablemente habría funcionado como corredor biológico.

El gradiente de recursos entre bañado y colina es muy rico, variado y abundante lo cual habría alentado el asentamiento de grupos humanos en este ecotono. La concentración en espacios relativamente acotados llevó a una intensificación del uso de estos espacios.

A partir del ~ 3.000 años ¹⁴C aP comienza el descenso del nivel del mar y la transición a condiciones más húmedas y cálidas que las anteriores, similares a las actuales. En IMPB esto significó el entalle de los ríos Cebollatí y San Luis causando la captura PCSL y reduciendo la cuenca del bañado de India Muerta a la mitad. Esto se vio compensado por el aumento en precipitaciones, lo que significa que el bañado de India Muerta habría funcionado como tal desde el Holoceno medio.

Otro efecto de la captura de PCSL fue la reorientación de los corredores biológicos a E-O lo cual dejó a los cerritos ubicados en los vacíos dejados por estos. Esto causó que hoy en día los cerritos jueguen un rol importante como parches conectores del paisaje a nivel local.

Las propiedades de parche de los cerritos son dadas por todos los procesos que en ellos ocurrieron, desde las actividades humanas (pasadas y actuales), las madrigueras de mulitas, la sombra de los ombúes, hasta los nidos de las aves en los árboles.

Se puede decir que desde hace más de ~ 5.000 años y hasta el presente nada ni nadie fue ni es indiferente a los cerritos de IMPB. Dadas sus características brindaron y siguen brindando una variedad de servicios ecosistémicos a humanos y animales. Los cerritos son el resultado de una historia que se sigue escribiendo en el paisaje y en la vida de la gente. Por lo menos hasta el

momento se podría decir que ni el poderoso sector agroindustrial es indiferente a los cerritos. Tampoco será nada ni nadie indiferente a su pérdida, por lo tanto, la gestión de esta herencia requiere un enfoque que vaya más allá del área protegida o el monumento histórico. Esto deberá ser tenido en cuenta en los planes de gestión ambiental de la zona en lo referente a las prioridades de conservación y servicios ecosistémicos.

Finalmente cabe destacar que el enfoque metodológico implementado en esta investigación probó ser óptimo para identificar y valorar los sitios arqueológicos, considerándolos como elementos estructurales y funcionales del paisaje. Aunque no todas las variables integradas en el SIG fueron consideradas en el análisis estadístico, el resultado es la base de datos más detallada sobre la distribución de cerritos en IMPB, complementada con variables paisajísticas. Esta información está recopilada en un archivo de tipo capa .shp, lo que permitirá llevar a cabo nuevas investigaciones y constituye en sí misma un recurso valioso para futuros estudios en diversas áreas del conocimiento.

Como se mencionó anteriormente, los montículos de tierra de origen antrópico se encuentran dispersos en distintas partes del país, coexistiendo con otros componentes del paisaje. Por ejemplo, en la costa del río Uruguay, cerca de la desembocadura del río Negro, se encuentra el área protegida “Parque Nacional Esteros de Farrapos e Islas del Río Uruguay”, aquí se han identificado antrosoles altamente fértiles que son el resultado de ocupaciones humanas que datan de hace ~ 1.500 años ¹⁴C aP. Estas tierras presentan propiedades edáficas y de cobertura que las diferencian notablemente de la matriz ambiental adyacente (Bortolotto et al., 2020). La metodología desarrollada en este trabajo puede no solo aplicarse, sino adaptarse a diferentes contextos arqueológicos y ambientales, permitiendo contemplar los sitios arqueológicos como elementos clave del paisaje y desentrañar el papel que desempeñan en un ecosistema determinado. Así, se abre un vasto horizonte de posibilidades de investigación que no solo enriquecerán el conocimiento sobre los sitios arqueológicos y su entorno, sino que contribuirán a la conservación y valoración de estos legados culturales/ecológicos.

VIII. Bibliografía:

- Achkar M., A. Domínguez y F. Pesce. 2012. Cuenca de la Laguna Merín Uruguay. Aportes para la discusión ciudadana. Montevideo: IECA-Facultad de Ciencias/Programa Uruguay Sustentable/REDES-AT
- Akoglu, Haldun. 2018. "User's Guide to Correlation Coefficients." *Turkish Journal of Emergency Medicine* 18 (3): 91–93.
- Alonso-Paz, E., 1997. Plantas Acuáticas de los Humedales del Este. PROBIDES, Rocha-Uruguay, 238 pp.
- Alonso-Paz, E. y M. J. Bassagoda. 2002. Aspectos fitogeográficos y diversidad biológica de las formaciones boscosas del Uruguay. *Ciencia & Ambiente* (24):35-50. Santa María (RS).
- Andrade Lima, T. y J. Lopez-Mazz. 1999. La Emergencia de la Complejidad entre los Cazadores Recolectores de la Costa Atlántica Meridional Sudamericana. *Boletín de Antropología Americana*, nº.17, 18 y 19: 128-176.
- Arechavaleta, J. 1892. Viaje a San Luis. En *El Uruguay en la Exposición Histórica Americana de Madrid*. Memoria, editado por J. H. Figueira, pp. 65-91. Dornaleche y Reyes, Montevideo.
- Arroyo-Kalin, M., 2009. Domestication in a changing landscape: anthropological and archaeological reflections on historical ecology and the emergence of Amazonian anthropogenic dark earths. Presentado en: *Historical ecologies of tropical landscapes: new engagements between anthropologists and archaeologists*. ASA meeting. Bristol
- Arroyo-Kalin, M., 2010. The Amazonian Formative: Crop Domestication and Anthropogenic Soils. *Diversity* 2 (4), 473-504.
- Baeza, J. y D. Panario. 1999. La horticultura indígena en las estructuras monticulares. En: *Actas de las Primeras Jornadas sobre Cenozoico en Uruguay*. Sociedad Uruguaya de Geología and INGEPA, UNCIEP, Facultad de Ciencias, Montevideo.
- Balée, W. y C. Erickson (Eds). 2006. *Time and Complexity in Historical Ecology: Studies in the Neotropical Lowlands*. Columbia University Press, New York.
- Barreneche, J. y M. Zarucki. 2017a. Atlas: Formaciones Vegetales del sitio RAMSAR Bañados del Este y Franja Costera. PROBIDES. Documentos de Trabajo; 53. Rocha.
- Barreneche, J. y M. Zarucki. 2017b. Mapeo y Clasificación de Formaciones Vegetales del sitio RAMSAR Bañados del Este y Franja Costera. PROBIDES. Documentos de Trabajo; 52. Rocha.
- Bauzá, F. 1895. *Historia de la dominación española en Uruguay*, Tomo I, Libro 1. Barreiro y Ramos, Montevideo.

- Bica, C. 2020. Peces y pesca en las tierras bajas de la Laguna Merín. Análisis de la ictiofauna recuperada en el sitio arqueológico CH2D01 (Rocha, Uruguay). Universidade Federal de Pelotas.
- Bolker, Benjamin M. 2015. "Linear and Generalized Linear Mixed Models." *Ecological Statistics: Contemporary Theory and Application*, 309–33.
- Bossi, J. y A. Ortiz. 2011. Geología del Holoceno. En: F. García-Rodríguez (Comp.): *El Holoceno en la Zona Costera del Uruguay*. UCUR-UdelaR, Montevideo, p.: 13 – 48.
- Bentrup, G. 2008. Conservation buffers: design, guidelines, for buffers, corridors and greenways. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC: Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station. 110p.
- Bracco, R. 2006. Montículos de la Cuenca de la Laguna Merín: Tiempo, Espacio y Sociedad. *Latin American Antiquity* 17 (4), 511-540.
- Bracco, R., L. Cabrera y J. López Mazz. 2000. La prehistoria de las tierras bajas de la cuenca de la laguna Merín. En A. Duran y R. Bracco Boksar (Eds.), *Arqueología de las Tierras Bajas* (pp. 13-38). Montevideo: Ministerio de Educación y Cultura, Comisión Nacional de Arqueología.
- Bracco, R. y C. Ures. 2001. Fósforo y áreas de actividad en el sitio PSL (Rocha, Uruguay). En *Arqueología Uruguaya Hacia el Fin del Milenio*, pp. 128-135. Gráficos del Sur, Montevideo.
- Bracco, R., L. del Puerto y H. Inda. 2008. Prehistoria y Arqueología de la Cuenca de la Laguna Merín. En D. Loponte y A. Acosta (Eds.), *Entre la tierra y el agua: arqueología de humedales de Sudamérica*, pp. 1-59. Asociación Amigos del Instituto de Antropología y Pensamiento Latinoamericano (AINA), Buenos Aires.
- Bracco, R., del Puerto, L., Inda, H., Panario, D., Castiñeira, C., y F. García-Rodríguez. 2011a. The Relationship Between Emergence of Mound Builders in SE Uruguay and Climate Change Inferred from Opal Phytolith Records. *Quaternary International* 245: 62-73
- Bracco, R., L. del Puerto, H. Inda, I. Capdepon, D. Panario y F. García-Rodríguez. 2012. Evolución Ambiental y Constructores de Cerritos en la Región de India Muerta. Un Replanteo. Resúmenes Extendidos de la III Jornadas de Cenozoico (CDR), Sociedad Uruguaya de Geología, Uruguay.
- Bracco, R., H. Inda y L. del Puerto. 2015. Complejidad en montículos de la Cuenca de la Laguna Merín y análisis de redes sociales. *Intersecciones en Antropología* 16:271-286.
- Bracco, R., J. Mazarino, L. del Puerto, H. Inda, D. Panario, A. Bazzino. 2016. Cambios ambientales y estructuras monticulares en la cuenca de la Laguna Merin. En: *Actas del XIX Congreso Nacional de Arqueología Argentina. Serie Monográfica y Didáctica*. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo de la Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán, pp. 1148-1154.

- Bracco, R., D. Panario, O. Gutiérrez, A. Bazzino, C. Duarte, R. Odino y E. Reina. 2019a. Mounds and landscape in the Merín Lagoon basin, Uruguay. En Inda, H. y García-Rodríguez, F., eds. – *Advances in Coastal Geoarchaeology in Latin America Cham: Springer*, pp.103-129.
- Bracco, R., D. Panario, O. Gutiérrez, C. Duarte y A. Bazzino. 2019b. Estructuras monticulares y hormigueros en el sur de la Cuenca de la Laguna Merín: ¿ingenieros ambientales y/o la estrategia del bricoleur? *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos*. 5:24-40.
- Bracco, R., C. Duarte, O. Gutiérrez, M. Tassano, A. Bazzino, A. y D. Panario. 2019c. El fuego en la génesis de los montículos de la cuenca de la Laguna Merín. Su visualización a través de las técnicas de datación por luminiscencia. Libro de Resúmenes del XX Congreso Nacional de Arqueología Argentina: 1536-41. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Bracco, R., Duarte, D., Gutiérrez, O., Tassano, M., Norbis, W. y D. Panario. 2020.El fuego en los procesos constructivos de los montículos del sur de la cuenca de la Laguna Merín (Uruguay): Un aporte de la datación por luminiscencia (OSL/TL). *Latin American Antiquity*, pp. 1–19
- Bracco, R., Duarte, C. Gutiérrez, O., Clara, M. y D. Panario. 2021. Reflexiones sobre montículos, técnicas de procesamiento de alimentos y construcción de nichos. *Arqueología*. 27. Pp: 109-130.
- Bracco, R., Gutiérrez, O., Duarte, C. y D. Panario. 2023. Mounds of Eastern Uruguay, Beyond the Causes of their Accretion. En Colonese, A. y R Milheira (Eds.). *Historical Ecology and Landscape Archaeology in Lowland South America*, pp. 283-310.
- Braun-Blanquet, J. 1927. *Pflanzensoziologie*. 1932. *Plant Sociology*. (Translated by GD Fuller and HS Conard.) McGraw-Hill, New York.
- Brazeiro, A., Achkar, M., Toranza, C. y L Barthesagui. 2008a. Potenciales impactos del cambio de uso de suelo sobre la biodiversidad terrestre de Uruguay. CYTED - Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Red 406RT0285. Efecto de los cambios globales sobre la biodiversidad: 7-21.
- Brazeiro A, M. Achkar, A. Canavero, C. Fagúndez, E. González, I. Grela, F. Lezama, R. Maneyro, L. Barthesagy, A. Camargo, S. Carreira, B. Costa, D. Núñez, I. da Rosa, C. Toranza. 2008b. *Prioridades Geográficas para la Conservación de la Biodiversidad Terrestre de Uruguay. Resumen Ejecutivo. Proyecto PDT 32-26*. 48 pp
- Brazeiro A., Panario D., Soutullo A., Gutierrez O., Segura A. y Mai P. 2012. Clasificación y delimitación de las eco-regiones de Uruguay. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 40p.
- Brent B., D. E. Breedlove y P. H. Raven. 1968. Covert Categories and Folk Taxonomies. *American Anthropologist*, Apr., 1968, New Series, Vol. 70, No. 2. pp. 290-299.

- Bonomo, M., Politis, G. y C. Gianotti. 2011. Montículos, jerarquía social y horticultura en las sociedades indígenas del Delta Del Río Paraná (Argentina). *Latin American Antiquity*, 22, 297–333.
- Bortolotto, N., del Puerto L., Gascue A., Loponte D., Acosta A., Azcune G., Inda H., Fleitas M. y M. Rivas. 2020. Antrosoles arqueológicos del bajo río Uruguay: una aproximación geoarqueológica a los procesos de formación del sitio Isla del Vizcaíno 1 (Departamento Río Negro - Uruguay). *Boletín de Arqueología PUCP*, N.º 28, 101-122.
- Brown, A. 1997. *Alluvial geoarchaeology: Floodplain archaeology and environmental change*. Cambridge University Press.
- Cabrera, L. 2000. Los niveles de desarrollo sociocultural alcanzados por los grupos constructores del Este uruguayo. En *Arqueología de las Tierras Bajas*, editado por A. Durán y R. Bracco, pp. 169-183. Ministerio de Educación y Cultura, Uruguay.
- Cabrera, L., Durán, A., Femenías, J. y O. Marozzi. 2000. Investigaciones en el sitio CG14E01, "Isla Larga", Sierra de San Miguel, Uruguay. En: A. Durán y R. Bracco (eds.). *Arqueología de las Tierras Bajas*. pp: 183-194. MEC. Montevideo
- Campos, S., L. del Puerto, H. Inda. 2001. Opal phytoliths analysis: its application to the archaeobotanical record in the East of Uruguay. En: J.D. Meunier & F.
- Castaño-Sánchez, J., Giménez, A., Ceroni, M., Furest, J. y R. Aunchayna. Caracterización Agroclimática del Uruguay 1980-2009. 2011. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie Técnica N° 193. 40 pp.
- Castillo, A., H. Inda, M. Llopart y B. Orrego. 2001. La dinámica de un registro arqueológico que no se detuvo con la llegada de la escritura. En: *Arqueología Uruguaya Hacia el Fin del Milenio*, Tomo II, pp. 395-404. Gráficos del Sur, Montevideo.
- Castiñeira, C. y G. Piñeiro. 2000. Análisis estadístico textural para el estudio de las columnas estratigráficas de las excavaciones I y II del Humedal de los Indios. En *Arqueología de las Tierras Bajas*, editado por Alicia Durán y Roberto Bracco, pp. 467–478. Ministerio de Educación y Cultura, Montevideo.
- Castiñeira, C., A. Blasi, G. Politis, L. del Puerto, M. Bonomo, R. Huarte, J. Carbonari y F. García-Rodríguez. 2013. The Origin and Construction of Pre-Hispanic Mounds in the Upper Delta of the Paraná River (Argentina). *Archaeological and Anthropological Sciences* (5): 37-57.
- Castiñeira, C., Capdepon, I., del Puerto, L. y A. Blasi. 2015. Aportes de la geoarqueología para el estudio de la variabilidad constructiva prehispánica de cerritos del este uruguayo y delta del Río Paraná. En: Rubin de Rubin, Favier Dubois, C y R. Da Silva (Eds.). *Geoarqueología na América do Sul*. Pp: 55-89.

- Céspedes, C., 1995. Gestión Ambiental de los humedales de la cuenca de la Laguna Merín: Análisis y discusión para su reinterpretación. Nro. 21 El humedal de la Cuenca de la Laguna Merin: Análisis y Discusión para su Reinterpretación. Centro de Estudios Interdisciplinarios Sobre el Desarrollo. Montevideo.
- Chow, V., Maidment, D. y L. Mays. 1988. Applied Hydrology. McGraw -Hill.
- CONEAT. 1979. Grupos de Suelos. Índices de Productividad. Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra, Ministerio de Agricultura y Pesca, Montevideo.
- Consens, M. 2001. Yacaré-Cururú: 18 años después. En: Durán, A. y R. Bracco (Eds.). Arqueología Uruguaya Hacia el Fin del Milenio. Anales del IX Congreso Nacional de Arqueología (16 a 19 de junio de 1997) Colonia del Sacramento, Uruguay: Asociación Uruguaya de Arqueología, pp.115-123.
- Davis, J.C. 1986. Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley & Sons.
- Dincauze, D. 2000. Environmental archaeology: Principles and practice. Cambridge University Press. Cambridge. Arroyo-Kalin
- Dirección Nacional de Aguas (DINAGUA). 2011. Manual de diseño y construcción de pequeñas presas. Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial de Uruguay. Montevideo.
- Delignette-Muller, Marie Laure, and Christophe Dutang. 2015. "fitdistrplus: An R Package for Fitting Distributions." Journal of Statistical Software 64 (4): 1–34.
- del Puerto, L. 2011a. Silicofitolitos como indicadores paleoambientales. Bases comparativas y Reconstrucción paleoclimática a partir del Pleistoceno tardío en el SE del Uruguay. Editorial Académica Española, Berlín, 168 pp.
- del Puerto, L. 2011b. Ponderación de recursos vegetales silvestres del este del Uruguay: rescatando el conocimiento indígena tradicional. Trama Revista de Cultura y Patrimonio 3:22–41
- del Puerto, L., 2015. Interrelaciones humano-ambientales durante el Holoceno tardío en el este del Uruguay: Cambio Climático y Dinámica Cultural. Tesis Doctoral. Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas. Universidad de la República.
- del Puerto, L. y H. Inda. 2008. Estrategias de Subsistencia y Dinámica Ambiental: Análisis de silicofitolitos en sitios arqueológicos de la cuenca de Laguna de Castillos, Rocha, República Oriental del Uruguay. En: Zucol, A.F., Osterrieth, M., y M. Brea (Eds.) Fitolitos: estado actual de su conocimiento en América del Sur, pp. 221-236. Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina.
- del Puerto, L., García-Rodríguez, F., Bracco, R., Inda, H., Capdepon, I., Castiñeira, C., Blasi, A., Fort, H., N. Mazzeo. 2012. Historia ambiental y dinámica cultural para el Holoceno medio y tardío en el Este del Uruguay. En_Clave Inter: Procesos, contextos y resultados del trabajo interdisciplinario. Universidad de la República. pp: 99-10

del Puerto, L., Fagúndez, C., Gianotti, C., Aldabe, J., y H. Inda. 2016a. Los Cerritos de Indios como Islas Boscosas: dimensionando las consecuencias del manejo prehistórico del medio sobre la diversidad actual en las tierras bajas del Uruguay. Caderno de resumos do X Encontro da Sociedade de Arqueologia Brasileira. Pelotas, RS.

del Puerto, L. I. Capdepon y H. Inda. 2016b. Paleoetnobotánica y subsistencia de los constructores de cerritos del Holoceno tardío en el este del Uruguay: análisis fitolítico en sedimentos y artefactos arqueológicos. *Geoarchaeology*. 2021;1–18.

del Puerto, L., C. Gianotti, N. Bortolotto, N. Gazzán, C. Cancela, B. Orrego y H. Inda. 2022. Geoarchaeological signatures of anthropogenic soils in southeastern Uruguay: Approaches to formation processes and spatial–temporal variability.

del Puerto, L., Inda, H., Gianotti, C., Fagúnez, C., Suárez, D., Rivas, M., Bortolotto, N., A. Leal. 2023. Pre-Columbian Mounds Harbor Distinctive Forest Communities in the Southern Campos of American Pampas. *Human Ecology*. 51, pages1–20.

Duarte, C., R. Bracco, D. Panario, M. Tassano, M. Cabrera y A. Bazzino. 2017. Datación de estructuras monticulares por OSL / TL *Revista de Antropología del Museo de Entre Ríos*. 3 (1): 14-26.

Duarte, C. y R. Bracco. 2021. La tierra quemada como artefacto en los montículos de India Muerta-Paso Barranca (Departamento de Rocha-Uruguay). *Cuadernos del Instituto Nacional de Antropología y Pensamiento Latinoamericano* 30 (1): 42-55.

Durán, A. 1990. Observaciones sobre los suelos del sitio arqueológico de San Miguel. Informe técnico no publicado. Montevideo, Uruguay

Ellis E. y N. Ramankutty. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world *Front Ecol Environ* 2008; 6(8): 439–447

Etter, A. 1991. Introducción a la Ecología del Paisaje: Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos. Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF) –I Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá.

Federal Highway Administration (FHWA). 2002. Urban Drainage Design Manual (Hydraulic Engineering Circular No. 22, 3rd Edition). Washington, D.C.: U.S. Department of Transportation.

Ferrés, C. 1927: Los terremotos de indios. *Revista de la Sociedad Amigos de la Arqueología*. Vol1. pp 139-149.

Foley, J., R. De Fries y G. Asner. 2005. Global consequences of land use. *Science* 309: 570–74. Friedl MA, McIver DK, Hodges JCF

Forman, R. .1995. Land mosaics. The ecology of landscapes and regions. Cambridge Academic Press, Cambridge, UK.

- Forman, R. y M. Godron. 1981. Patches and Structural Components for a Landscape ecology. *BioScience* 31, (10), 733-740.
- Fraser, J., Teixeira W., Falcão N., Woods W., Lehmann J. y A. André Braga Junqueira. Anthropogenic soils in the Central Amazon: from categories to a continuum. *Area*, Vol. 43, No. 3, pp. 264-273.
- García-Rodríguez, F., S. Stutz, H. Inda, L. del Puerto, R. Bracco, D. Panario y D. 2010: A multiproxy approach to infer Holocene paleobotanical changes linked to sea-level variation, 236 paleosalinity levels and shallow lake alternative states in Negra Lagoon, SE Uruguay. *Hydrobiologia*, 646 (1): 5-20.
- Gazzan, N. Cancela-Cereijo, C., Gianotti, C., Fábrega-Álvarez, P., del Puerto, L., F. Criado-Boado. 2022. From Mounds to Villages: The Social Construction of the Landscape during the Middle and Late Holocene in the India Muerta Lowlands, Uruguay. *Land*, 11, 441, pp 1-22.
- Gazzan, N., Gianotti, C. y C. Cancela-Cereijo. 2024. Evaluación de riesgo y vulnerabilidad de montículos indígenas en contextos de producción agropecuaria en la región de India Muerta, Uruguay. *Intersecciones antropol.* vol.25 no.1: 1-16.
- Gianotti, C., 2015. Paisajes sociales, monumentalidad y territorio en las tierras bajas de Uruguay. PhD Thesis. Universidade de Santiago de Compostela, pp. 716.
- Gianotti, C., del Puerto, L., Courtoisie, L., Aldabe, J., Fagúndez, C., Orrego, B., Cancela, C., Gazzán, N., Tortosa, J., Reboulaz, R., Quevedo, M., Ramos, M. y P. Piero Larralde. 2023a. Creating a Collaborative Management Framework for the Conservation of an Indigenous Mounds' Landscape in the Wetlands of India Muerta (Uruguay): State of the Art and Future Perspectives. En Colonese, A. y R Milheira (Eds.). *Historical Ecology and Landscape Archaeology in Lowland South America*, pp. 21-50
- Gianotti, C., González-García, C., Gazzán, N., Cancela-Cereijo, C. y Moira Sotelo. 2023b. Knowledge of the Sky Among Indigenous Peoples of the South American Lowlands—First Archaeoastronomical Analyses of Orientations at Mounds in Uruguay. *Land*, 12, 805, pp 1-24
- González-Bernáldez, F. 1981. *Ecología y Paisaje*. Hermann Blume, Barcelona.
- González-Venazi, R. 1999. *Canis familiaris y constructores de cerritos: una perspectiva funeraria*. Tesis de grado. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad de la República.
- Gower, J. .1966. "Some Distance Properties of Latent Root and Vector Methods Used in Multivariate Analysis." *Biometrika*, 53(3-4), 325-338.
- Gutiérrez O., D. Panario, M. Achkar y A. Brazeiro. 2012. *Corredores biológicos de Uruguay*. Informe Técnico. Convenio MGAP/PPR – Facultad de Ciencias/Vida Silvestre Uruguay/ Sociedad Zoológica del Uruguay/CIEDUR. 31 p.

- Hammer, O. 2024. Paleontological Data Analysis. Natural History Museum. University of Oslo.
- Harrell Jr, Frank E. 2024. Hmisc: Harrell Miscellaneous. Manual. <https://CRAN.R-project.org/package=Hmisc>.
- Husson, François, Sébastien Lê, and Jérôme Pagès. 2011. Exploratory Multivariate Analysis by Example Using R. Vol. 15. CRC press Boca Raton.
- Inchausti, Pablo. 2023. Statistical Modeling With R: A Dual Frequentist and Bayesian Approach for Life Scientists. Oxford University Press.
- Inda, H., 2009. Paleolimnología de cuerpos de agua someros del sudeste del Uruguay: evolución holocénica e impacto humano. Tesis de Maestría. Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas. Universidad de la República.
- Inda, H. y L. del Puerto. 2007. Antracología y Subsistencia: Paleoetnobotánica del Fuego en la Prehistoria de la Región Este del Uruguay. Puntas del San Luis, Paso Barrancas, Rocha, Uruguay. En Marconetto, M. B., Babot, M. del P. y Oliszewsk, N. eds. – Paleoetnobotánica del Cono Sur: Estudios de casos y propuestas metodológicas Córdoba, Argentina: Museo de Antropología FFyH-UNC. Ferreyra Editor, pp.137-152.
- IPBES. 2019. The Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- IPCC. 2021. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribución del Grupo de Trabajo I al Sexto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. Cambridge University Press.
- Iriarte, J., 2003. Mid-Holocene emergent complexity and landscape transformation: the social construction of early formative communities in Uruguay, La Plata Basin. Tesis Doctoral. University of Kentucky.
- Iriarte, J., 2006a. Landscape transformation, mounded villages and adopted cultigens: the rise of early Formative communities in south-eastern Uruguay. *World Archaeology* 38, 644-663.
- Iriarte, J., 2006b. Vegetation and climate change since 14,810 14C yr B.P. in southeastern Uruguay and implications for the rise of early Formative societies. *Quaternary Research*. 65. 20 – 32
- Arqueología PUCP*, 11, pp. 143-166.
- Iriarte, J., I. Holst, J. López Mazz y L. Cabrera. 2001. Subtropical Wetland Adaptation in Southeastern Uruguay During the Mid-Holocene: An Archaeobotanical Perspective. En: B. Purdy (Ed.), *Enduring records: the environmental and cultural heritage of wetlands*, pp 62-70. Universidad de Florida.

- Iriarte, J., Holst, I., Marozzi, O., Listopad, C., Alonso, E., Rinderknecht, A. y J. Montaña. 2005. Evidence for cultivar adoption and emerging complexity during the mid-Holocene in the La Plata basin. *Natura*. 432: 614-617.
- Iriarte, J., Corteletti, R., de Souza, J. y P. Paulo DeBlasis. 2016. Landscape dynamics in the La Plata Basin during the mid and late Holocene. *Cadernos do Lepaarq*. Vol. XIII. n°25.
- Janson, S. y J. Vegelius. 1981. Measures of Ecological Association. *Oecologia*. Vol. 49. No. 3: pp. 371-376.
- Kaal, J., C. Gianotti, L. del Puerto, F. Criado-Boado y M. Rivas. 2019. Molecular features of organic matter in anthropogenic earthen mounds, canals and lagoons in the Pago Lindo archaeological complex (Tacuarembó, Uruguayan lowlands) are controlled by pedogenetic processes and fire practices. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 26, 101900.
- Kaufman, L. y P. Rousseeuw. 2009. *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. Wiley-Interscience.
- Koleff, P. y L. Naranjo .2008. *Regiones biodiversas: herramientas para la planificación de sistemas regionales de áreas protegidas*. Santiago de Cali, Colombia, WCS - Fundación EcoAndina - WWF Colombia, 224p.
- Kondratyev, K., V. Krapivin G. Phillips. 2002. *Global Environmental Change Modelling and Monitoring*. Springer. Berlin.
- Kruk, C., Gascue, A., Bortolotto, N., Andrés Gascue², Rodríguez Lezica, L., Delbene, L., González, S., Martínez, G., de la Rosa, A. y C. Gianotti. 2022. Problemáticas socioambientales en el territorio hidrosocial de la laguna merín: aportes desde la interdisciplina. *Revista Uruguaya de Antropología y Etnografía*. Volumen VII, número 2.
- Langer, H., 1970. Die Okologische Gliederung der Landschaft und ihre Bedeutung für die Fragestellung der Landschaftspflege. *Landschaft + Stadt* 3, 2-29.
- Lausch, A., Blaschke, T., Haase, D., Herzog, F., Syrbee, R., Tischendorff, L. y U. Walz. 2015. Understanding and quantifying landscape structure - A review on relevant process characteristics, data models and landscape metrics. *Ecological Modelling*. 295: 31-41.
- Lê, Sébastien, Julie Josse, and François Husson. 2008. "FactoMineR: A Package for Multivariate Analysis." *Journal of Statistical Software* 25 (1): 1–18.
- Legendre, Pierre, and Loic FJ Legendre. 2012. *Numerical Ecology*. Vol. 24. Elsevier.
- Logan, Murray. 2010. *Biostatistical Design and Analysis Using R: A Practical Guide*. Chichester, UK; Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.
- Leopold, L. y M. Gordon. 1957. *River Channel Patterns: Braided, Meandering and Straight*. Physiographic and Hydraulic Studies Of Rivers. Geological Survey Professional Paper 282-B.

- López-Mazz, J., 2001. Las estructuras tumulares (cerritos) del Litoral Atlántico uruguayo. *Latin American Antiquity* 12 (3): 1-25.
- López-Mazz, J. M. y C. Castiñeira. 2001. Estructura de sitio y patrón de asentamiento en la Laguna Negra. En *Arqueología uruguaya hacia fin del milenio* (Tomo I, pp. 147-162). Montevideo: Asociación Uruguaya de Arqueología.
- López-Mazz, J., Dabezies, J. y I. Capdepont. 2014. La gestión de recursos vegetales en las poblaciones prehistóricas de las tierras bajas del sureste del Uruguay: un abordaje multidisciplinar. *Latin American Antiquity*, Vol. 25, No. 3, pp. 256-277.
- López-Mazz, J. M., Moreno, F., Bracco, R., & González, R. 2017. Perros prehistóricos en el este de Uruguay: Contextos e implicaciones culturales. *Latin American Antiquity*, 29 (1), 1–15.
- López-Mazz, J. M., Moreno, F., Machado, F., Alonso, N. y R. Piña. 2022. Cambio ambiental, respuesta humana y emergencia de complejidad cultural: primeros resultados de la investigación en la localidad arqueológica de La Viuda (Bañado de India Muerta, Rocha, Uruguay). *Arqueología* 28 (2), 9912.
- Martínez de Pisón, E. 2007. Epílogo. Paisaje, cultura y territorio. En: J. Nogué (ed.), *La construcción social del paisaje*, Madrid: Biblioteca Nueva, pp. 325-337.
- Matson, P., W. Parton, A. Power y M. Swift. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277: 504–09.
- Mazarino, J. 2023. Wild Plant Resources and Cerritos de Indio Archaeological Sites at the India Muerta-Paso Barranca Archaeological Locality. En Colonese, A. y R. Milheira (Eds.). *Historical Ecology and Landscape Archaeology in Lowland South America*, pp. 243-262
- Mazarino, J., C. Duarte y R. Bracco. 2015. Datación por OSL: un ejemplo de aplicación. En: Cabrera, L., López-Mazz, J. (Eds.), *Anuario de Arqueología*. Universidad de la República, Montevideo, pp. 72-87.
- McCloskey, J. y H. Spalding. 1989. A reconnaissance level inventory of the amount of wilderness remaining in the world. *Ambio* 18: 221–27.
- Mendenhall, W., Scheaffer, R. y D. & Wackerly. 2002. *Estadística matemática con aplicaciones* (7ma ed.). Cengage Learning.
- Migliaro, Alicia. 2014. *Por la frontera: una mirada psicosocial a los pescadores artesanales de la cuenca de la Laguna Merín en el Uruguay*. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press

- Milheira, R., Macario, D., Chanca, I. y E. Alves. 2017. Archaeological Earthen Mound Complex in Patos Lagoon, Southern Brazil: chronological model and freshwater influence. *Radiocarbon*, Vol 59, Nr 1, pp 195–214.
- Milheira, R. y C. Gianotti. 2018. The Earthen Mounds (Cerritos) of Southern Brazil and Uruguay. En Smith, C., ed. – *Encyclopedia of Global Archaeology* Cham, Switzerland: Springer.
- Milheira, R., Attorre, T. y C. Borge. 2019. Construtores de cerritos na Laguna Dos Patos, Pontal da Barra, sul do Brasil: lugar persistente, território e ambiente construído no Holoceno recente. *Latin American Antiquity* 30 (1) pp. 35–54
- Mitchell, A. 2005. *The ESRI Guide to GIS Analysis, Volume 2: Spatial Measurements and Statistics*. Redlands, CA: ESRI Press.
- Mittermeier, R., C. Mittermeier y T Brooks. 2003. Wilderness and biodiversity conservation. *P Natl Acad Sci USA* 100: 10309–13.
- Montaña, J. y J. Bossi. 1995. Geomorfología de los humedales de la cuenca de la Laguna Merín en el departamento de Rocha. *PROBIDES*. (Documento de Trabajo; 2)
- Moreno, F. 2003. Análisis arqueofaunístico del sitio Rincón de los Indios. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad de la República.
- Moreno, F. 2014. La gestión de los recursos animales en la prehistoria del este de Uruguay (4000 años AP – siglo XVI). Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Facultad de Filosofía y Letras. Barcelona, 402 pp.
- Mourelle, D., Prieto, A., F. García-Rodríguez. 2015. Cambios de la vegetación en la cuenca de la Laguna Merín, Uruguay, durante los últimos ca. 2000 cal. años AP. *Rev. Bras. Paleontol.* 18 (3): 509-520.
- Naveh, Z. y A. Lieberman. 1994. *Landscape Ecology. Theory and Application*. Springer. New York.
- Nagelkerke, N. 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, 78 (3), 691-692.
- Núñez, L., Cartajena, I. y M. Grosjean. 2013. Archaeological silence and ecorefuges: Arid events in the Puna of Atacama during the Middle Holocene. *Quaternary International* 307. 5-13
- Ochiai, A. 1957. "Zoogeographical studies on the soleoid fishes found in Japan and its neighbouring regions-II". *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*. 22 (9): 526–530.
- Panario, D. 1994. Evolución y Tendencia de la Vegetación Nativa Uruguaya. La Pradera. En: *Contribución de los Estudios Edafológicos al Conocimiento de la Vegetación en la República Oriental del Uruguay*. Montevideo, Dirección de Suelos y Aguas. 37-47 pp. (Boletín Técnico N° 13).

Panario, D., O. Gutiérrez, M. Achkar, L. Bartesaghi y M. Ceroni. 2015. Clasificación y Mapeo de ambiente de Uruguay. En: Brazeiro, A. (Ed.), Eco-regiones de Uruguay: Biodiversidad, presiones y conservación. Aportes a la Estrategia Nacional de Biodiversidad. Universidad de la República, Montevideo, pp. 32-45.

Peel, M., B. Finlayson y T. McMahon. 2007. Updated World Map of the Koppen-Geiger Climate Classification Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*. 11: 1633-1644.

Pintos, S. .2000. Economía "húmeda" del este del Uruguay: el manejo de recursos faunísticos. En A. Durán & R. Bracco (Eds.), *Arqueología de las Tierras Bajas* (pp. 249-266). Ministerio de Educación y Cultura, Comisión Nacional de Arqueología.

Pintos, S. 2001. Arqueología en el sitio Cráneo Marcado, Laguna de Castillos, Rocha (R.O.U.). En *Arqueología uruguaya hacia fin del milenio*. XI Congreso Nacional de Arqueología (T.I.). Gráficas del Sur. Montevideo: 207-221.

Preciozzi, F., Spoturno, J., Heinzen, W., Rossi, P. 1985. Memoria explicativa de la carta geológica del Uruguay a la escala 1:500.000. Montevideo.

PROBIDES, 1995. Propuestas sobre el manejo de los recursos hídricos en el Departamento de Rocha. Informe resumido, elaborado a solicitud de PROBIDES por la consultora Hidrocampo Ingenieros.

PROBIDES, 1999. Plan Director: Reserva de la Biósfera Bañados del Este. PROBIDES (Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable de los Humedales del Este), Montevideo, Uruguay

R version 4.4.1 (2024-06-14 ucrt) -- "Race for Your Life" Copyright (C). 2024. The R Foundation for Statistical Computing. Platform: x86_64-w64-mingw32/x64

Ramsar .2000. Los humedales, valores y funciones: Reservorios de Biodiversidad [Internet]. Suiza, Ramsar. Disponible desde: <http://www.ramsar.org/info/values_intro_s.htm>

Riadhi, H., Ait-El-Fquih, B. y M. Rami. 2020.. Spatial Pattern Analysis of Land Cover Changes Using Average Nearest Neighbor (ANN) Method and Remote Sensing Data: Case of Moulouya River Basin, Morocco. In *Geospatial Technologies for Local and Regional Development* (pp. 131-148). Springer, Cham.

Rebellato L., W. Woods y E. Neves. 2009. Pre-Columbian settlement dynamics in the Central Amazon in Woods W I, Teixeira W G, Lehmann J, Steiner C, WinklerPrins A M G A and Rebellato L eds *Amazonian Dark Earths: Wim Sombroek's vision* Springer, New York 15

Sanderson, E., M. Jaiteh y M. Levyl. 2002. The human footprint and the last of the wild. *BioScience* 52: 891–904.

- Santos, O. 1965. Primer mapa arqueológico del Departamento de Rivera. Centro de Arqueología de Rivera. Boletín 1. Rivera-Uruguay.
- Santos, O. 1967. Los cerritos de Vichadero. Presentado al «Simposio de Arqueología da Area do Prata». Rivera.
- Sanz-Menéndez, L. 2003. Análisis de Redes Sociales: o cómo Representar las Estructuras Sociales Subyacentes. Apuntes de Ciencia y Tecnología 7.
- Scharf, E. 2014. Deep time: the emerging role of archaeology in landscape ecology. *Landscape Ecology*. 29:563–569
- Schiffer, M., A. Sullivan y T. Klinger. 1978. The Design of Archaeological Surveys. *World Archaeology*. Vol. 10. Nro. 1. Field Techniques and Research Design, pp. 1-28.
- Schmitz, P. I. 1976. Sítios de pesca lacustre em Rio Grande, RS, Brasil. Instituto Anchieta de Pesquisas, Brasil.
- Sganga J. C. 1994. Caracterización de la vegetación de la R.O.U. En: MGAP, Contribución de los estudios edafológicos al conocimiento de la vegetación en la República Oriental del Uruguay. Boletín técnico 13: 3-12.
- Sombroek, W., 1969. Soil Studies in the Merim Lagoon Basin. Merim Lagoon Regional Project. CLM/PNUD/FAO. (Mimeo). Treinta y Tres.
- Sombroek, W., D. Kern, T. I. Rodrigues, M. S. Cravo, T. C. Jarbas, W. Woods, y B. Glaser. 2002. Terra Preta and Terra Mulata: Pre-Columbian Amazon kitchen middens and agricultural fields, their sustainability and their replication. Paper presented at the 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, 14–20
- Steffen, M. y H. Inda. (Eds.) 2010. Bases técnicas para el manejo integrado de Laguna del Sauce y cuenca asociada. Steffen, M. y H. Inda. Editores. Baferil S.A. Montevideo
- Suárez, D. 2018. Arqueología experimental y Paleoetnobotánica de los constructores de cerritos del Este del Uruguay: una aproximación a partir del registro macrobotánico del sitio CH2D01. Tesis de maestría (MSc), Universidad de la República, Montevideo.
- Taylor, S. y R. Bodgan. 1984. La entrevista en profundidad. Introducción a los métodos cualitativos de investigación. La búsqueda de significados. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Venables, W. N., and B. D. Ripley. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. 4th ed. New York: Springer. <https://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>.
- Vidal, R., Rivas, M., Chiappe, M., Quintero, D., Castro, X., Calvete, A., del Puerto, L., & Bonifacino, M. 2021. Conocimientos tradicionales asociados a los usos de los recursos genéticos en Uruguay. PNUD Montevideo.

Vitousek, P., H. Mooney, J. Lubchenco y J. Melillo. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Science* 277: 494–99. Weathers, K., Strayer, D., Likens, G., 2013. *Fundamentals of Ecosystem Science*, Elsevier. Londres.

Von Bertalanffy, L. 1968. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. George Braziller. New York.

Wilks, D. 2011. Forecast verification. En: *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (3ra ed., pp. 301-394). Academic Press.

Williams, M. .1991. *Wetlands: A threatened Landscape*. Alden Press Ltd., Oxford, Basil Blackwell.

Zuur, Alain F, and Elena N leno. 2016. "A Protocol for Conducting and Presenting Results of Regression-Type Analyses." *Methods in Ecology and Evolution* 7 (6): 636–45.

Cuestionario

1- Presentación

- Presentación del entrevistador
- Presentación de proyecto de tesis
- Aclarar como el testimonio oral contribuye y se incorpora en la tesis

2- Datos personales del entrevistado

- Nombre completo
- Edad
- Estado civil
- ¿Cómo estaba compuesto su núcleo familiar mientras vivía en la zona?

3- Datos en relación con la ocupación de la zona

- ¿Siempre vivió en la misma residencia u otras en la zona?
- ¿Vivió en la zona en más por más de un período?
- ¿Desde cuándo vivió en la zona?
- Durante los años que vivió en la zona:
- ¿Practicaba alguna actividad agropecuaria (ganadería, agricultura, horticultura)?
- ¿Incorporó recursos silvestres de los bañados en su dieta (recolección de vegetales, pesca, caza)?
- En caso de responder positivamente a la pregunta anterior, ¿recuerda alguna zona en particular vinculada a la obtención de estos recursos?

4- Datos en relación con los cerritos de indio

- ¿Conoce o ha oído hablar de los cerritos de indio?
- ¿Cómo llegó a conocer de los cerritos?
- ¿Alguna vez percibió peculiaridades de los cerritos respecto a su entorno?
- ¿Alguna vez desarrollo actividades agropecuarias en o cerca de un cerrito?
- ¿Qué particularidades destacaría de los cerritos respecto al entorno en lo referente a las actividades desarrolladas?
- ¿Qué valoración le merecen los cerritos de indio?

5- Respecto a la recolección de recursos silvestres

- ¿Qué tipos de recursos obtenían de los bañados?
- ¿Con qué tipo de fines recolectaba recursos de los bañados? a. Alimentación // b. Aromática // c. Artesanía // d. Medicinal // e. Tintóreas // f. Cosmético // g. Insecticida-repelente // h. Otros-especificar)
- ¿Cómo aprendió a usarla de esta forma? (a. Familia; b. Vecinos; c. Visitante de otra zona; d. Técnicos; e. Otro-especificar)
- ¿A qué personas le ha transmitido este conocimiento? ¿De qué manera? (a. Familia; b. Vecinos; c. Grupo de participación; d. Técnicos, Otro-especificar)
- ¿Cómo la obtiene? (a. Recolecta; b. Compra; c. Cultiva; d. Intercambia; e. Otras-especificar)
- ¿Qué parte de la planta utiliza? (a. Raíz; b. Tallo; c. Hojas; d. Flores; e. Frutos; f. Toda la planta; g. Semilla; h. Otras-especificar)
- ¿De dónde la obtiene? (a. Jardín; b. Huerta; c. Monte; d. Campo natural; e. Chacra; // 1- Área propia; 2- vecinos; 3- Otros-especificar)
- ¿Qué ventajas tiene la obtención de la planta en ese lugar?
- ¿Tiene conocimiento de alguna dificultad para acceder o usar (recolectar, producir, etc.) a esa planta?
- ¿En qué lo beneficia el uso de esa planta? ¿Por qué es importante para usted el uso de esa planta?
- ¿Conoce a otras personas y zonas donde hagan uso de estas plantas?
- ¿Era una actividad en la que participaba sólo, en familia u otros acompañantes?
¿Realizaba algunas de las actividades vinculadas al uso de la planta con alguien más? (Ej.: a. Recolección; b. Producción; c. Intercambio de información; d. Intercambio de semillas; e. Venta) // En el caso que lo esté ¿podría describir cómo se organizaban para las tareas?
- ¿Cómo se orientaban las actividades y movimientos en un paisaje como los bañados?
- ¿Qué especies animales y vegetales se podían observar en aquel momento?
- ¿Cómo veía los bañados en aquel momento y cual considera que es la mayor diferencia respecto al presente?

