

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Diversidad, fragmentación y niveles de amenaza del ecosistema xerofítico en el
Distrito Metropolitano de Quito, con énfasis en el potencial corredor Tropi-Andino

Tesis previa a la obtención del título de
Magíster en Biología de la Conservación

ALEX ROBERTO CABRERA CARPIO

Quito, 2015

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Certifico que la tesis de Maestría en Biología de la Conservación del candidato Alex Roberto Cabrera Carpio ha sido concluida de conformidad con las normas establecidas; por lo tanto, puede ser presentada para la calificación correspondiente.

Santiago Espinosa, Ph.D.
Director de Tesis

Quito, 08 de mayo de 2015

DEDICACIÓN

A mis padres que inculcaron en mi ser la búsqueda del conocimiento, el valor del esfuerzo, y la motivación a superarme cada día sin perder el sentido de la humildad.

A mi familia Ely, Priscilla, Angie y Shandito quienes son el refugio de alegrías, sueños, esperanzas, anhelos y sobre todo mi conexión con lo divino.

A mis familiares y amigos en quienes siempre aprendo el valor del respeto y la lealtad.

AGRADECIMIENTOS

A los docentes del programa de Maestría en Biología de la Conservación de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

Al Comité de Tesis conformado por: Santiago Espinosa y Renato Valencia, docentes de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y Hugo Romero-Saltos, docente de la Escuela de Ciencias de la Vida de la Universidad de Investigación de Tecnología Experimental Yachay. Sus valiosos comentarios y sugerencias permitieron concluir con éxito este estudio.

A EcoCiencia y EcoFondo que a través de su Programa de Becas de Investigación para la Conservación (PBIC-CTA) financiaron el muestreo de vegetación de esta investigación, bajo la propuesta “Ecología del paisaje, fragmentación y biodiversidad: fortalecimiento del corredor Tropi-Andino en el amenazado ecosistema xerofítico del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)”.

A la SENESCYT que a través del Programa de Ayudas Económicas (LAE-2) financió la escritura de este estudio.

A la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito (SA-DMQ) que a través de Diego Enríquez y Nixon Narváez facilitaron los archivos SIG del Catálogo Ambiental (2012) en el marco del "Estudio de Vulnerabilidad al Cambio Climático del DMQ".

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE TABLAS.....	xi
LISTA DE ANEXOS.....	xii
1. RESUMEN	1
2 ABSTRACT.....	3
3 INTRODUCCIÓN	5
3.1 BIOGEOGRAFÍA DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO ANDINO	5
3.2 CONTEXTO DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO.....	6
3.3 CORREDOR BIOLÓGICO	7
3.4 OBJETIVOS	10
3.4.1 GENERAL.....	10
3.4.2 ESPECÍFICOS.....	10
4 MATERIALES Y MÉTODOS	11
4.1 ÁREA DE ESTUDIO	11
4.1.1 CLIMA	11
4.1.2 SUELO	11
4.2 EVALUAR LA DIVERSIDAD VEGETAL (2014) EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL DMQ	12
4.2.1 DIVERSIDAD ALFA	12
4.2.2 SIMILITUD DE LAS COMUNIDADES VEGETALES	13

4.3 ANALIZAR LA FRAGMENTACIÓN (1986 Y 2009) EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPI-ANDINO)	14
4.3.1 MATRIZ DE CAMBIO DE COBERTURA/USO DE SUELO.....	15
4.3.2 MÉTRICAS DEL PAISAJE.....	16
4.4 EVALUAR EL NIVEL DE AMENAZA EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPI-ANDINO).....	17
5 RESULTADOS	19
5.1 DIVERSIDAD VEGETAL (2014) DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL DMQ	19
5.1.1 DIVERSIDAD ALFA	19
5.1.2 SIMILITUD DE LAS COMUNIDADES VEGETALES	19
5.2 FRAGMENTACIÓN (1986 Y 2009) EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPI-ANDINO).....	20
5.2.1 PATRÓN DE CAMBIO DE COBERTURA/USO DE SUELO	20
5.2.2 PATRÓN EN LA COMPOSICIÓN Y TEXTURA DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO	20

5.3 NIVEL DE AMENAZA EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPICAL ANDINO).....	22
6 DISCUSIÓN	23
6.1 REALIDAD DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)	23
6.2 ¿UN CORREDOR BIOLÓGICO EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)?	25
7 CONCLUSIÓN	28
8 LITERATURA CITADA	30
9 FIGURAS	38
10 TABLAS	47
11 ANEXOS.....	49

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Distribución del ecosistema xerofítico del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) con los puntos de muestreo de vegetación 2014 (transectos) y el área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) (corredor Tropi-Andino). El mapa muestra la distribución del ecosistema xerofítico al 2011..... 38
- Figura 2. Frecuencia relativa de las familias registradas en los transectos de vegetación muestreados en el ecosistema xerofítico del DMQ..... 39
- Figura 3. Dendrograma de similitud (correlación cofenética = 0,85) de los transectos muestreados en el ecosistema xerofítico del DMQ (método de encadenamiento promedio utilizando el coeficiente de Dice). Cada conglomerado (C) representa una configuración de transectos según sus niveles de similitud. 40
- Figura 4. Representación espacial de los transectos agrupados por conglomerados (C1–C10) según el dendrograma de similitud (Figura 3). El mapa muestra la distribución del ecosistema xerofítico al 2011; el muestreo de vegetación se realizó en 2014. 41
- Figura 5. Área total de diferentes tipos de cobertura/uso de suelo en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), en los años 1986 y 2009..... 42
- Figura 6. Número de parches de diferentes tipos de cobertura/uso de suelo en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), en los años 1986 y 2009. 43
- Figura 7. Índice de agregación de diferentes tipos de cobertura/uso de suelo en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), en los años 1986 y 2009. 44
- Figura 8. Distribución del área de ecosistema xerofítico en diferentes parroquias en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), al 2011. 45

Figura 9. Distribución espacial de los niveles de amenaza en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), al 2011.	46
---	----

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Combinaciones de la dinámica de cobertura/uso de suelo entre el año 1986 y 2009. El símbolo “→” indica la dirección del cambio de cobertura/uso. Además se indica el tipo de cobertura/uso: natural (N) o antrópico (A). En letras y números negritas se muestran los cambios observados y en letras y números gris los cambios no observados..... 47
- Tabla 2. Métricas de ecología del paisaje en el ecosistema xerofítico en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino). 48

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Tipos de clima en el ecosistema xerofítico del DMQ.....	49
Anexo 2. Tipos de suelo en el ecosistema xerofítico del DMQ.	50
Anexo 3. Descripción de las métricas de ecología del paisaje consideradas para la dinámica de la fragmentación en este estudio. Las métricas fueron calculadas con el software Fragstats (Mcgarigal & Ene, 2014).....	51
Anexo 4. Valoración de las capas según su influencia en el ecosistema xerofítico. Participaron del análisis multicriterio: Santiago Espinosa (Docente de la Escuela de Biología de la PUCE) y José Aragón (Coordinador SIG en la Fundación EcoCiencia).	52
Anexo 5. Frecuencia absoluta (FA) y frecuencia relativa (FR) de las especies presentes en el ecosistema xerofítico del DMQ.	53
Anexo 6. Índice de Shannon ajustado (H^a) con los intervalos de confianza al 95% para todo el ecosistema xerofítico y para cada transecto.	57

1 RESUMEN

El presente estudio evaluó la diversidad, fragmentación, y amenaza del ecosistema xerofítico del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), en particular dentro del área propuesta para la creación del corredor biológico Tropi-Andino, localizado en el área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP). En 2014, se estimó la riqueza de especies y similitud de comunidades vegetales por medio de un muestreo de vegetación realizado en 80 transectos distribuidos al azar en el área remanente del ecosistema xerofítico del DMQ. La dinámica de fragmentación dentro del área de influencia del OCP se evaluó por medio de un análisis multitemporal con métricas del paisaje aplicadas a capas de vegetación derivadas de imágenes satelitales de 1986 y 2009. Finalmente, por medio de un análisis de decisión multicriterio y herramientas SIG aplicadas al mapa oficial de cobertura vegetal del DMQ al 2011, se identificaron las áreas más amenazadas dentro del potencial corredor biológico.

Se identificaron un total de 196 especies de plantas en los transectos. El análisis de similitud agrupó a la mayoría de los 80 transectos en dos principales conglomerados, sugiriendo la existencia de dos comunes configuraciones florísticas dentro del ecosistema xerofítico. Dentro del periodo analizado (1986–2009), el área original del ecosistema xerofítico disminuyó en un 3%, y el número total de fragmentos disminuyó en un 7%. Al 2011, alrededor del 50% del área remanente de ecosistema xerofítico en el área de influencia del OCP estuvo presente en solo tres parroquias: Calderón, San Antonio y Guayllabamba. El análisis multicriterio (2011) distinguió un 45% del ecosistema xerofítico como altamente amenazado.

Se concluye que el ecosistema xerofítico del DMQ es altamente diverso y amenazado. Las actividades humanas que han llevado a la degradación de este ecosistema (principalmente expansión agropecuaria y urbanística) no han cesado. Es evidente la necesidad urgente de establecer el corredor biológico Tropi-Andino para mantener la integridad y funcionalidad de este ecosistema.

Palabras clave: Análisis de decisión multicriterio, cambio de cobertura/uso de suelo, corredor biológico, diversidad alfa, ecosistema xerofítico andino, índice de similitud Dice.

2 ABSTRACT

This study evaluated diversity, fragmentation and threat of the xerophytic ecosystem in the Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), particularly within the area proposed for the creation of the Tropi-Andean biological corridor, located in the buffer area of the Oleoducto de Crudos Pesados (OCP). Species richness and similarity of plant communities were measured in 2014 by a survey of 80 transects placed randomly on the remnant area of DMQ's xerophytic ecosystem. Fragmentation dynamics in the OCP's buffer area was evaluated using a multi-temporal analysis with landscape metrics applied to vegetation cover layers derived from satellite imagery from 1986 and 2009. Finally, a multi-criteria decision analysis and GIS tools applied on an official DMQ's vegetation cover map from 2011 were used to identify the most threatened areas within the proposed biological corridor.

A total of 196 plant species were identified in the transects. A similarity analysis grouped most of the 80 transects into two main conglomerates, suggesting that two common floristic configurations exist within this xerophytic ecosystem. Within the study period (1986–2009), the original area of the xerophytic ecosystem decreased by 3%, and the total number of forest fragments diminished by 7%. By 2011, approximately 50% of the remnant area of the xerophytic ecosystem was located in three parishes only: Calderón, San Antonio and Guayllabamba. The multi-criteria decision analysis identified 45% of the xerophytic ecosystem as highly threatened.

It is concluded that the xerophytic ecosystem of the DMQ is highly diverse and threatened. Human activities that have led to the degradation of this ecosystem (mainly agriculture and urbanism expansion) have not ceased. The urgent need to establish the Tropi-

Andean biological corridor to maintain the integrity and functionality of this ecosystem is evident.

Key words: Alpha diversity, biological corridor, Dice similarity index, land cover change, multi-criteria decision analysis, xerophytic ecosystem.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 BIOGEOGRAFÍA DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO ANDINO

La evidencia filogenética molecular sugiere que la vegetación seca en el Neotrópico se originó por los cambios climáticos del Pleistoceno y por los eventos de especiación que probablemente ocurrieron durante el Plioceno (Mioceno tardío); así también por la formación orogénica de los Andes y el cierre del istmo de Panamá (Pennington *et al.*, 2004).

En el Ecuador, el ecosistema xerofítico está ubicada en los valles secos entre 1.800 y 2.600 m desde Imbabura en el Norte hasta Loja en el Sur (Aguirre *et al.*, 2006). Quizás el registro más notable de la existencia histórica de bosques estacionalmente secos andinos son las asociaciones fósiles del Mioceno en las cuencas de Loja y Cuenca. En esta zona, los macrofósiles de plantas bien conservadas incluyen frutos fósiles de *Tipuana ecuatoriana* Burnham (Leguminosae) y *Loxopterygium laplayense* Burnham & Carranco (Anacardiaceae) que son morfológicamente muy similares a frutos homólogos contemporáneos de las zonas secas de los Andes como *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, *Loxopterygium grisebachii* Hieron y *Loxopterygium huasango* Spruce ex Engl. (Burnham, 1995; Burnham y Carranco, 2004).

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), el ecosistema xerofítico representando el 9,45% de su territorio, es decir aproximadamente 40.000 hectáreas de las 424.062 hectáreas que tiene todo el Distrito y está distribuido en un rango altitudinal de 1.300 a 3.300 m. A nivel parroquial se lo puede encontrar en San José de Minas, Atahualpa, Chavezpamba, Perucho, Puéllaro, Calacalí, San Antonio, Nono, Pomasqui, El Condado, Carcelén, Ponceano, Comité del Pueblo, Itchimbía, Ñaquito, El Inca, Jipijapa, Kennedy, Calderón, Guayllabamba, El Quinche, Llano Chico, Zámbiza, Tababela, Checa, Pumbo, Nayón, Cumbayá, Tumbaco, Pifo,

Yaruquí, Guangopolo, Conocoto, Alangasí, La Merced, Píntag y Amaguaña (MDMQ–Secretaría de Ambiente, 2011).

2.2 CONTEXTO DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO

El ecosistema xerofítico generalmente está conformado por vegetación herbácea, arbustiva, espinosa, poco densa y con alturas de hasta 4 m, aunque en algunos lugares protegidos o de difícil acceso se encuentra un bosque mejor desarrollado, con un dosel de hasta 8 m de altura (Aguirre *et al.*, 2006).

En la actualidad los ecosistemas xerofíticos, incluyendo los bosques secos de la Costa, están en peligro crítico de extinción por la pérdida de más del 70% de su cobertura original (Sierra, 2000). Las áreas con mejores suelos y que históricamente estaban cubiertas por bosques bien estructurados, generalmente han sido transformadas a cultivos. Por esta razón, la vegetación nativa remanente normalmente está limitada a pendientes rocosas, aunque en ciertas áreas protegidas, como el Bosque Protector Jerusalem en la provincia de Pichincha, pueden todavía observarse formaciones boscosas en terrenos relativamente.

En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), las principales presiones antrópicas que afectan al ecosistema xerofítico son la tala y quema de vegetación debido a la expansión urbana y agrícola (MDMQ-Secretaría de Ambiente, 2011). Además, es posible que este ecosistema por su cobertura vegetal de poca altura y/o estratos de vegetación relativamente abiertos esté más expuesto a las anomalías climáticas porque la exposición a las variaciones de temperatura y precipitación en el ecosistema xerofítico es probablemente homogénea (H. Romero-Saltos, com. pers.).

El ecosistema xerofítico es subestimado en su diversidad biológica, por la falta de estudios publicados. Al momento se conoce que la diversidad regional de especies en los valles secos interandinos es relativamente baja e incluye algunas especies como *Acacia macracantha* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Croton wagneri* Müll. Arg., *Caesalpinia spinosa* (Feuillée ex Molina) Kuntze, *Dodonaea viscosa* Jacq. y *Schinus molle* L. (Aguirre *et al.*, 2006). En un inventario de la vegetación presente en la zona seca de la quebrada del río Chiche, en Pichincha, se reportaron alrededor de 170 especies (Quintana, 2013).

Se estima que la diversidad de flora en el ecosistema xerofítico se ha desarrollado durante los últimos 19 millones de años (Sarkinen *et al.*, 2012). En este periodo de tiempo, las comunidades de plantas se han mantenido relativamente estables y evolutivamente persistentes dentro de parches de bosque seco; su aislamiento en el continente ha sido similar al de la vegetación en islas oceánicas (Sarkinen *et al.*, 2012).

En definitiva, el ecosistema xerofítico ha estado sometido a fuertes presiones antrópicas desde tiempos inmemorables, uno de los factores que limitan su conservación es la falta de conocimiento y valoración de su diversidad y funcionalidad. La conservación del ecosistema xerofítico es fundamental para el mantenimiento de servicios ambientales e.g. la regulación de ciclos hidrológicos, aporte como sumidero y reservorio de dióxido de carbono atmosférico, fuente de polinización y dispersión de semillas, entre otros (Aguirre *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2009).

2.3 CORREDOR BIOLÓGICO

La fragmentación de hábitats ocasiona un mosaico de manchas espaciales denominadas parches. Si la fragmentación crea parches demasiado pequeños, los efectos de borde

ocasionarán la alteración de la biodiversidad nativa, muchas veces ocasionando la extinción de especies (Turner *et al.*, 2001; Smith y Smith, 2007; Laurance *et al.*, 2011). Una medida para contrarrestar los efectos de la fragmentación es facilitar la movilidad de las especies por medio de corredores biológicos que permitan integrar diversos parches en un solo espacio ecosistémico funcional (Bennett, 1998; Chassot y Morera, 2007).

Para restablecer la conectividad y contribuir a la conservación de áreas naturales, es vital conocer los mecanismos y causas por los que un área de vegetación extensa y continua se ha convertido en áreas discontinuas (Dupuy *et al.*, 2012). La ecología del paisaje contribuye al análisis de la interacción espacio-temporal entre patrones espaciales y procesos ecológicos mediante el análisis de una amplia gama de métricas que evalúan la composición y textura de los elementos del paisaje a través del tiempo.

La composición se refiere a características que describen la presencia, forma y abundancia de diferentes tipos de parche en un paisaje; mientras que la textura se refiere a características que describen la distribución física o espacial de los parches en el paisaje (Turner *et al.*, 2001; McGarigal y Marks, 1995; Terradillos, 2008).

En el paisaje, la distribución del ecosistema xerofítico en forma de parches aislados hace que este ecosistema tenga una estructura metapoblacional. Es decir, las poblaciones de especies que lo componen dependen de la migración de individuos o dispersión de propágulos entre parches para asegurar su persistencia a lo largo del tiempo. El cambio en el uso del suelo y la asociada pérdida o modificación de hábitats, puede incrementar la distancia entre fragmentos de bosque y reducir la probabilidad de dispersión en una metapoblación (Chassot y Morera, 2007). Los corredores biológicos permiten aumentar la conectividad funcional

reduciendo así la probabilidad de extinción local y regional de metapoblaciones (Haddad y Baum, 1999; Tang *et al.*, 2014).

Un corredor biológico está conformado por varios componentes estructurales, entre los principales están (Bennett, 1998; Chassot y Morera, 2007; Dupuy *et al.*, 2012):

- Matriz del paisaje.- es el área dominante que contiene diversos tipos de cobertura vegetal y/o usos de suelo, también se lo considera como el área más conectada del paisaje.
- Parche o fragmento.- es el área fragmentada o discontinua proveniente de algún tipo de cobertura vegetal o uso de suelo.
- Área núcleo.- es el área central (de un parche) relativamente protegido de las presiones antrópicas. Se asume que el área núcleo mantiene parte de la biodiversidad y funcionalidad de los ecosistemas fragmentados.
- Buffer o zonas de amortiguamiento.- es el área de transición entre el área núcleo y la matriz del paisaje.
- Rutas de conectividad.- son parches adyacentes o cercanos que permiten el desplazamiento de la especies entre los distintos tipos de cobertura vegetal y/o uso de suelo.

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 GENERAL

Este estudio propone evaluar la diversidad vegetal (2014), analizar la fragmentación (1986–2009) y evaluar los niveles de amenaza (2011) en el ecosistema xerofítico del DMQ con énfasis en el potencial corredor Tropi-Andino del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP).

2.4.2 ESPECÍFICOS

1. Evaluar la diversidad vegetal (2014) en el ecosistema xerofítico del DMQ.
2. Analizar la fragmentación (1986 y 2009) en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino).
3. Evaluar el nivel de amenaza en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino).

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

Este estudio consideró como área de estudio (*objetivo 1*) el ecosistema xerofítico del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) y (*objetivo 2 y 3*) el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino) en las parroquias de Pifo, Yaruquí, Checa, Puembo, Tababela, El Quinche, Calderón, Guayllabamba, Pomasqui, San Antonio, Nono, Calacalí y el Área Urbana de Quito (Figura 1).

3.1.1 CLIMA

La compleja orografía del DMQ registra 15 tipos de clima caracterizados por la información media anual de temperatura y precipitación. En el ecosistema xerofítico la precipitación media anual fluctúa entre valores <500 mm hasta 2.000 mm y la temperatura media anual fluctúa entre valores <4°C hasta 22°C, estas condiciones confluyen principalmente en los tipos de clima Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo, Ecuatorial mesotérmico seco y Ecuatorial mesotérmico húmedo (Anexo 1) (PNUMA-MDMQ-FLACSO Ecuador, 2011).

3.1.2 SUELO

El ecosistema xerofítico está conformado principalmente por los siguientes órdenes de suelo (Anexo 2) (USDA, 1999; PNUMA-MDMQ-FLACSO Ecuador, 2011):

- Entisoles (del Gran grupo Troorthent, Ustipsamment, Ustorthent).- se caracterizan por ser suelos poco evolucionados con escasa o nula diferenciación de horizontes y altamente erosionables en laderas.
- Mollisoles (del Gran grupo Argiustoll, Duriudoll, Durustoll, Hapludoll, Haplustoll).- se caracterizan por ser suelos oscuros con potencial agrícola debido a su alto contenido materia orgánica y arcillas (propensos a la compactación).
- Inceptisoles (del Gran grupo Dystrandept, Dystropept, Vitrandept, Vitrandept + Dystrandept).- se caracterizan por ser suelos poco evolucionados con escasa diferenciación de horizontes (similar a los Entisoles), en el DMQ están asociados a suelos volcánicos de reciente formación.

3.2 EVALUAR LA DIVERSIDAD VEGETAL (2014) EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL DMQ

3.2.1 DIVERSIDAD ALFA

Es la diversidad de cada transecto y representa la riqueza en especies (Whittaker, 1960). Esta diversidad se la determinó mediante el número efectivo de especies que transformó el valor del índice de Shannon (entropía) en una cantidad de número de especies equitativamente abundantes. Se consideró la siguiente fórmula (Jost, 2006; Pla, 2006):

Diversidad alfa (D_α) = exponencial (Índice de Shannon)

El índice de Shannon se lo calculó en el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008); su programación considera un ajuste a la estimación mediante la siguiente formula:

Índice de Shannon ajustado (H^a) = Índice de Shannon (H) – estimación bootstrap del índice (H^*) + estimación bootstrap de la riqueza (r^*); las estimaciones provienen de la construcción de intervalos de confianza al 95% por el método BCA (bootstrap corregido por sesgo y aceleración) (Pla, 2006; Balzarini *et al.*, 2008).

La información base que evaluó de la diversidad vegetal se obtuvo del muestreo de vegetación realizado en 80 transectos (25m x 2 m) distribuidos al azar en todo el ecosistema xerofítico del DMQ (Figura 1). Las especies indeterminadas en campo fueron comparadas con las colecciones botánicas del Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. También se compararon las muestras con la base de datos electrónicos del Missouri Botanical Garden (Tropicos.org., 2014), Neotropical Herbarium Specimens (The Field Museum, 2014), Encyclopedia of Life (Encyclopedia of Life, 2014) y Harvard University Herbaria & Libraries (Harvard University, 2013). Los nombres científicos (familia, género, especie, autor) concuerdan con los reportados por Missouri Botanical Garden (Tropicos.org., 2014).

3.2.2 SIMILITUD DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

Es la comparación de varias comunidades vegetales y su magnitud puede distinguir cambios en la composición de las especies entre diferentes transectos (Mostacedo y Todd, 2000; Balzarini *et al.*, 2008).

Esta similitud de comunidades se determinó mediante un análisis multivariado de conglomerados en el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2008); su agrupamiento jerárquico se realizó por el método de encadenamiento promedio (average linkage), en el cual la distancia entre dos conglomerados se obtiene promediando todas las distancias entre pares de objetos.

Para procesar la información en el software InfoStat se transformó la base de datos, de cada transecto, en variables binarias dummy o auxiliares (variable original con una combinación única) con la finalidad de que el coeficiente de similitud sea calculado de una tabla de contingencia con matriz ij (Balzarini *et al.*, 2008; CATIE, 2011).

El coeficiente de similitud Dice permitió discriminar la presencia conjunta o la ausencia conjunta de características (i.e., especies) del ecosistema xerofítico mediante la fórmula: coeficiente Dice = $2a / (2a + b + c)$, donde el valor de a representa coincidencias o pares asociados positivamente y el valor b y c representan pares no asociados (Balzarini *et al.*, 2008).

En este análisis se estableció la configuración de 10 conglomerados y se conceptualizó la mayor similitud (i.e., distancia Dice cercana a 0) como un menor recambio de especies; por el contrario la menor similitud, Dice cercana a 1, corresponde a un mayor recambio de especies (Nekola & White, 1999).

3.3 ANALIZAR LA FRAGMENTACIÓN (1986 Y 2009) EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPI-ANDINO)

Para analizar la fragmentación del ecosistema xerofítico se comparó los tipos de cobertura/uso de suelo en los años 1986 y 2009 por medio de dos metodologías:

3.3.1 MATRIZ DE CAMBIO DE COBERTURA/USO DE SUELO

Una matriz de cambio describe de la conversión de un tipo de cobertura/uso a otro distinto y permite analizar la dinámica que tiene el uso de la tierra sobre la cobertura del suelo en un espacio y tiempo determinado (Briassoulis, 2000).

La matriz de cambio de cobertura/uso se basa en el aprovechamiento de mapas de distintas fechas que tienen un mismo sistema de clasificación y resolución espacial y espectral (Hyman *et al.*, 2011). La Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito (SA-DMQ) elaboró un mapa (vectorial) multitemporal para los periodos 1986, 1996, 2001 y 2009 a partir del procesamiento de imágenes satelitales LandSat (N. Narváez, com. pers.). Dichos mapas contienen los siguientes tipos de cobertura/uso de suelo (esta clasificación es limitada por la calidad de imágenes satelitales multitemporales):

1. *Arbustos húmedos y vegetación en regeneración.*- Arbustos y herbazales húmedos ubicados a los bordes de los bosques húmedos (tipología 2, descrita abajo) al noroccidente y sur del DMQ, principalmente en las cejas de montaña de los volcanes Atacazo, Antisana, Papallacta, Guagua y Rucu Pichincha.
2. *Bosques húmedos y plantaciones forestales.*- Incluye los bosques, arbustos y herbazales húmedos que crecen en fragmentos continuos de gran tamaño al noroccidente del DMQ (Pacto, Gualea, Nanegalito, Nanegal, San José de Minas y Atahualpa) como también las plantaciones forestales de eucalipto, pino y otras especies.
3. *Áreas cultivadas.*- Áreas de uso agrícola con sistema intensivo y de ciclo corto.

4. *Vegetación paramuna*.- Bosques altoandinos, arbustos y herbazales húmedos ubicados principalmente en la zonas altas de las parroquias de Pintag, Pifo, Yaruquí, Checa, El Quinche, al sur, y en las cejas de montaña de las parroquias de Nono y Lloa, al norte.
5. *Cuerpos de agua*.- Agua en cauces naturales o artificiales.
6. *Arbustos secos y relictos de bosques secos*.- Bosques, arbustos y herbazales secos ubicados principalmente al nororiente del área urbana del DMQ en las parroquias de Calderón, Pomasqui, San Antonio, Puéllaro y Guayllabamba. Al sur del DMQ se encuentran varios remanentes en las parroquias de Pintag, La Merced, Tumbaco y Pifo.
7. *Áreas artificiales*.- Mancha urbana en el DMQ, incluye infraestructura civil.

En este estudio, se elaboró la matriz de cambio de cobertura/uso de suelo utilizando dos mapas vectoriales: 1986 y 2009. Primero el mapa vectorial se transformó a formato raster obteniendo dos capas con los mismos tipos de cobertura/uso de suelo para cada periodo; luego los atributos de cada pixel en el raster se los combinó (ArcGIS: Spatial Analyst–Combine) asignándoles un único valor de salida a cada combinación única de valores de entrada (ESRI, 2012). En la matriz resultante las distintas combinaciones permitieron discriminar aquellos tipos de cobertura/uso que cambiaron de un ambiente natural (N) a un ambiente antrópico (A) (Tabla 1).

3.3.2 MÉTRICAS DEL PAISAJE

Para complementar el análisis de la matriz de cambio de cobertura/uso del suelo, se utilizó métricas del paisaje a nivel de clase en el software Fragstats (McGarigal y Ene, 2014) (Anexo 3) y se describió para cada métrica patrones en la composición y textura del paisaje en

base a la diferencia (delta) entre el valor inicial y el valor final en cada métrica. A continuación se detallan las métricas seleccionadas:

- a) Área total: mide el área total de cada tipo de cobertura/uso de suelo.
- b) Proporción del paisaje: es el porcentaje de cada cobertura/uso de suelo en relación a la extensión del paisaje analizado.
- c) Número de parches: es el grado de fragmentación de cada cobertura/uso de suelo en base a la cantidad de parches en distintos periodos.
- d) Índice de agregación: estima la agregación o dispersión de los parches en un paisaje.

3.4 EVALUAR EL NIVEL DE AMENAZA EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPI-ANDINO)

Para evaluar el nivel de amenaza del ecosistema xerofítico, a nivel de paisaje, se consideró aquella información espacial que interviene directa o indirectamente en el potencial corredor Tropi-Andino del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el DMQ. Las capas vectoriales utilizadas en éste estudio constan en el Catálogo Ambiental 2012 de la Secretaría de Ambiente del DMQ (N. Narváez, com. pers.). Estas capas son las siguientes:

- Bosques protectores.- Sistema Nacional de Bosques protectores del Ecuador elaborado por el Ministerio de Ambiente (MAE).
- SNAP.- Sistema Nacional de Áreas Protegidas elaborado por el Ministerio de Ambiente (MAE).

- PUOS-2012.- Plan de Uso y Ocupación del Suelo del DMQ elaborado por la Dirección Metropolitana de Planificación Territorial (DMPT).
- Predios urbanos y rurales del DMQ.- Catastro predial del DMQ elaborado por la Dirección Metropolitana de Planificación Territorial (DMPT).
- Vías rurales y urbanas del DMQ.- Ejes de comunicación vial (calles, avenidas, escalinatas, pasajes, en las áreas urbanas y rurales) elaborado por Instituto Geográfico Militar del Ecuador (IGME), Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (EMMAP) y Secretaría de Ambiente del DMQ.
- Cobertura vegetal.- Cobertura vegetal del DMQ elaborado por la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito (SA-DMQ).

Con la información disponible se elaboró un modelo multicriterio SIG que consistió en conformar un panel de expertos que consensuaron la importancia e influencia de las distintas capas frente a la conectividad espacial de los fragmentos. Cada capa vectorial se constituyó como un indicador que reflejó el grado de influencia en la conectividad espacial; aquellos indicadores que contribuyeron positivamente tuvieron una valoración máxima de 10 puntos y aquellos valores que contribuyeron negativamente tuvieron una valoración máxima de -10 (Anexo 4). El modelo estableció una suma (ArcGIS: Spatial Analyst—Weighted Sum) para cada pixel según la valoración de sus capas. Para determinar los niveles de amenaza en el corredor Tropi-Andino en el DMQ se estableció una escala (relativa) con los siguientes rangos: $0 <$ altamente amenazado, $0 \geq$ parcialmente amenazado ≤ 10 , y > 10 sin amenaza.

4 RESULTADOS

4.1 DIVERSIDAD VEGETAL (2014) DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL DMQ

En la actualidad el ecosistema xerofítico del DMQ está compuesto por 196 especies (Anexo 5) pertenecientes a 51 familias botánicas de las cuales cinco representan el 53,2 % de las especies (Poaceae 14%, Fabaceae 13,8%, Asteraceae 10,3%, Euphorbiaceae 8,8% y Rubiaceae 6,3%). Las demás familias representan menos del 6% del total de las especies (Figura 2).

4.1.1 DIVERSIDAD ALFA

El ecosistema xerofítico del DMQ en total tiene 77 especies con abundancias equitativas o número efectivo de especies, esto proviene del valor de $H^a = 4,25$ su intervalo de confianza es [LI 4,29 – LS 4,43]. En cada transecto se espera encontrar al menos 15 especies con abundancia equitativas (H^a promedio = 2,75) (Anexo 6). De los 80 transectos muestreados el 66% tiene un número efectivo ≥ 15 especies.

4.1.2 SIMILITUD DE LAS COMUNIDADES VEGETALES

De los 10 conglomerados establecidos para analizar el recambio de especies, se pudo distinguir dos principales conglomerados: C1 y C2 (Figura 3 y Figura 4). El conglomerado C1, se encuentra distribuido en todo el ecosistema xerofítico, agrupa la mayor cantidad de transectos y su característica primordial es la gran variabilidad en la similitud de atributos (especies), destacando los transectos (66–67, 75–76 y 70–71) con reducida distancia (Dice), o dicho de otra manera, estos transectos comparten mayor cantidad de atributos en el intervalo [$d \leq 0,5$]; el mayor recambio de especies en este conglomerado se encuentra en el intervalo [d

$>0,50 \wedge d \leq 0,90$]. El conglomerado C2, se encuentra al sur del DMQ fuera del potencial corredor Tropi-Andino del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), está distribuido en el intervalo $[d >0,60 \wedge d \leq 0,90]$ y está conformado por transectos con alto recambio de especies. Los conglomerados restantes describen poca o nula asociación respecto al recambio de especies entre los transectos.

4.2 FRAGMENTACIÓN (1986 Y 2009) EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPI-ANDINO)

4.2.1 PATRÓN DE CAMBIO DE COBERTURA/USO DE SUELO

En la matriz de cambio de cobertura/uso de suelo 1986 y 2009 existieron 42 posibles combinaciones de cambio, de las cuales se efectuaron 15. Las mayores frecuencias de cambio ocurrieron en los *Arbustos secos y relictos de bosques secos*, *Arbustos húmedos y vegetación en regeneración* y *Bosques húmedos y plantaciones forestales* (Tabla 1). Se evidenció que 9 cambios de cobertura/uso de suelo corresponden a un patrón de actividades antrópicas vinculadas a la agricultura, ganadería e infraestructura.

4.2.2 PATRÓN EN LA COMPOSICIÓN Y TEXTURA DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO

• **La composición del paisaje** basada en el área y porcentaje total, en el periodo 1986–2009, muestra que las *Áreas cultivadas* (6.958 ha) y *Áreas artificiales* (3.372 ha) aumentaron su superficie en 10,7%, que representa un área de 10.331 hectáreas, área que originalmente

correspondía a la categoría de uso natural. Las coberturas con mayor pérdida de área corresponden a *Bosques húmedos y plantaciones forestales* con $-5,5\%$ que representa -5.274 hectáreas y *Arbustos secos y relictos de bosques secos* con $-3,2\%$ que representa -3.067 hectáreas y *Vegetación paramuna* con $-1,5\%$ que representa -1.465 hectáreas (Figura 5).

• **La textura del paisaje** basada en el número de parches e índice de agregación en el periodo 1986–2009, muestra que el número de parches disminuyó notablemente en la *Vegetación paramuna* (-61%) en el año 2009, seguido por *Arbustos húmedos y vegetación en regeneración* con -48% y con similar porcentaje (-7%) los *Bosques húmedos y plantaciones forestales* y *Arbustos secos y relictos de bosques secos* (Figura 6). El índice de agregación muestra que los *Arbustos secos y relictos de bosques secos*, *Bosque húmedos y plantaciones forestales* y *Vegetación paramuna* redujeron la adyacencia entre sus fragmentos similares (Figura 7), esto corrobora la disminución del número de parches en los mismos tipos de cobertura/uso de suelo.

El análisis de las métricas calculadas en el software Fragstats (Tabla 2) permitió determinar que en el potencial corredor Tropi-Andino del DMQ, el ecosistema xerofítico cambió en composición y textura. En el año 1986 el ecosistema xerofítico tuvo un mayor número de fragmentos adyacentes al área de mayor tamaño y puede describirse como un área con fragmentación agregada (Bennett y Saunders, 2010). En el año 2009 el número de fragmentos adyacentes al área de mayor tamaño es menor que en 1986 y el paisaje puede ser descrito como un ecosistema con fragmentación dispersa.

4.3 NIVEL DE AMENAZA EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS (OCP) EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (POTENCIAL CORREDOR TROPI-ANDINO)

El área total del ecosistema xerofítico en el potencial corredor Tropi-Andino en el DMQ es de 18.272 hectáreas y está distribuido principalmente en las parroquias de Calderón, San Antonio y Guayllabamba (Figura 8).

El análisis multicriterio muestra que el 45% del área de estudio está altamente amenazado por presiones antrópicas y restringe el establecimiento de un corredor de conectividad espacial (Figura 9).

Espacialmente en los valles al nororiente del DMQ existe una marcada distribución del ecosistema xerofítico altamente amenazado y parcialmente amenazado, en este sector los fragmentos son más alargados y dispersos y por ende las presiones antrópicas tienen mayor influencia sobre la cobertura vegetal. Al noroccidente del DMQ se puede apreciar la fragmentación causada por la mancha urbana. En este sector confluyen considerablemente los factores negativos (Figura 9).

Los niveles de amenaza presentados en este estudio permiten identificar aquellas zonas en las cuales se debe ejercer algún tipo de medida para disminuir los niveles actuales de amenaza y promover la conectividad de los fragmentos de distinto tamaño.

5 DISCUSIÓN

5.1 REALIDAD DEL ECOSISTEMA XEROFÍTICO EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)

En el ecosistema xerofítico del DMQ los grupos pertenecientes a herbáceas y leguminosas son los más diversos. Dichos grupos posiblemente tienen mayor tolerancia para mantenerse sobre la matriz del paisaje como especies colonizadoras (Gascon *et al.*, 1999). Las 196 especies reportadas complementan la información existente en el DMQ respecto a composición florística. En estudios anteriores en los valles del ecosistema xerofítico del DMQ se reportaron 170 especies (Quebrada Río Chiche; Quintana, 2013) y 44 especies (parroquia de Tababela; De la Torre, 2002). En este estudio, los transectos con mayor riqueza de especies se encuentran principalmente en las parroquias de Guayllabamba, Pomasqui, Checa, Zámboza, Tumbaco, Puéllaro, Tababela y La Merced.

El número efectivo de especies en todo el ecosistema xerofítico es relativamente elevado debido a que se estima, a nivel general, 77 especies con abundancias equitativas y se considera como un nivel alto de diversidad. A nivel de transecto el promedio de $H^a = 2,75$ representa 15 especies con abundancia equitativas en el ecosistema xerofítico del DMQ. En otros ecosistemas similares de bosque seco, e.g., en la Provincia de Loja entre 197–1.000 metros de altitud se reporta 17 especies con abundancia equitativas ($H'_{\text{promedio}} = 2,82$) (Aguirre–Mendoza *et al.*, 2013), en la misma provincia en el cantón Paltas entre 800–1.300 metros de altitud los bosques secos reportan 48 especies con abundancias relativas ($H_{\text{promedio}} = 3,87$) (Armijos y Villena, 2009).

El índice de similitud Dice, para las comunidades vegetales del ecosistema xerofítico del DMQ, permite describir una alta heterogeneidad de las especies en diferentes transectos (Calderón-Patrón et al., 2012). Esta heterogeneidad concuerda con el fenómeno de decaimiento de similitud por la distancia, que sugiere que la similitud de las especies entre dos localidades disminuye conforme estas se hacen más distantes, resultando en el aumento de la diversidad beta (Preston, 1960; Nekola y White, 1999). El recambio de las especies puede darse por la distribución espacial de los recursos que estas usan para desarrollarse (e.g., nutrientes), o debido a factores relacionados con la edad de sucesión, pendiente topográfica, compactación del suelo, distancia de los núcleos poblados, entre otros (Sala y Aguiar, 1995; Dupuy, et al, 2012).

La heterogeneidad de especies es una característica de los ecosistemas secos y en algunos casos puede ser considerada como indicativo de buena diversidad; su deterioro puede afectar la funcionalidad y productividad del ecosistema (Sala y Aguiar, 1995).

En el potencial corredor Tropi-Andino del DMQ los patrones de fragmentación del ecosistema xerofítico son más intensos, que los demás ecosistemas analizados, debido al cambio del paisaje provocado por el ser humano. Este cambio está vinculado a actividades agrícolas, pecuarias, urbanísticas y de infraestructura vial que generalmente se desarrollan en las periferias de los límites urbanos y dependiendo de su finalidad (e.g., agrícola, pecuario, etc.) pueden modificar la cobertura natural en distintos tamaños y formas de fragmentos (De Noni *et al.*, 1986; Murray, 1997; The Nature Conservancy, 2009; PNUMA *et al.*, 2011).

La principal amenaza para el ecosistema xerofítico del DMQ es la constante fragmentación descrita en los patrones de cambio de cobertura/uso de suelo entre 1986 y 2009. Los fragmentos más distantes al área de mayor tamaño son considerados como fragmentos

aislados y en ellos se pueden ver afectados negativamente procesos de los cuales depende la permanencia de sus especies, como por ejemplo: descomposición de materia orgánica, cantidad de biomasa, dispersión de semillas, ciclo de macro y micro nutrientes, movilidad de las especies, etc., (Aizen y Feinsinger, 1994; Collinge, 1996; Haddad y Baum, 1999; Fahrig, 2002; Rutledge, 2003; Fuchs *et al.*, 2003; Layman *et al.*, 2007; Altamirano *et al.*, 2007; Bennett y Saunders, 2010; Laurance *et al.*, 2011; Tang *et al.*, 2014).

En el ecosistema xerofítico los fragmentos resultantes del cambio de cobertura/uso son agravados por procesos naturales como la erosión eólica e hídrica que actúan directamente sobre la topografía del ecosistema, modificando la forma y tamaño de los fragmentos y llevándolos a su desaparición a través del tiempo (Tonway y Ludwig, 1990; Montaña, 1992; Collinge, 1996; Sala y Aguiar, 1996; PNUMA *et al.*, 2011).

Estudios en biología de conservación proponen la creación de corredores de conectividad espacial para permitir el flujo de especies, el mantenimiento en la composición y textura del paisaje y la estabilidad de los servicios ambientales (Schwartz y van Mantgen, 1997; Wang *et al.*, 2014; Tang *et al.*, 2014). Es posible que el ecosistema xerofítico, al conectar fragmentos de distinto tamaño, mantenga la heterogeneidad de especies; sobre todo si consideramos que en la actualidad los fragmentos de este ecosistema son remanentes conectados.

5.2 ¿UN CORREDOR BIOLÓGICO EN EL ECOSISTEMA XEROFÍTICO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ)?

En el potencial corredor Tropi-Andino del DMQ la intersección de varios factores negativos disminuyen la adyacencia espacial entre las diversas formas y tamaños de los

remantes de vegetación, provocando que el ecosistema xerofítico sea altamente amenazado y limite su factibilidad para establecer un corredor de conectividad espacial a gran escala. La falta de conectividad puede afectar el flujo e intercambio de las especies (Bennett A. , 1998; Collinge, 1996).

En las parroquias de San Antonio, Pomasqui y el norte del Área urbana del DMQ el ecosistema xerofítico del corredor Tropi-Andino está fragmentado en dos grandes ramales al Este y Oeste del núcleo poblado. De mantenerse dicha tendencia de fragmentación el ecosistema xerofítico aislaría los remantes de vegetación situados en las laderas de San Antonio, Pomasqui, el Área urbana y Calacalí.

En los valles interandinos, al suroriente del DMQ las área altamente amenazadas están asociadas a la forma alargada de los remanentes de vegetación y a la dispersión de los fragmentos pequeños (Bennett & Saunders, 2010); ocasionados por el crecimiento de la mancha urbana (e.g., el nuevo aeropuerto en Tababela). En estas zonas la conectividad depende de las quebradas que generalmente son utilizadas como escombreras o recolectores de aguas servidas (De Noni et al., 1986; PNUMA et al., 2011).

La conservación del ecosistema xerofítico en áreas de gran tamaño pueden contribuir al mantenimiento de la diversidad en varios niveles (e.g., genético, población, comunidad, paisaje) (Rozzi *et al.*, 2001) sin embargo, en la actualidad la tenencia y aprovechamiento del suelo limita este tipo de conservación. Entre las parroquias de San Antonio, Calderón y Guayllabamba existe un área continua conformada por un tramo de pendientes pronunciadas del 20 al 70%. (PNUMA *et al.*, 2011). Esta característica topográfica ha limitado el desarrollo de las actividades antrópicas y espacialmente permite apreciar una importante área núcleo con potencial para mantener las condiciones bióticas y abióticas que generen servicios

ambientales, especialmente si consideramos la adyacente del Bosque Protector Jerusalem como un aliado para el fortalecimiento de conservación de este sector.

Dada la fragmentación actual, en el ecosistema xerofítico la conservación puede enfocar sus esfuerzos a fortalecer y promover la conectividad no solo en áreas relativamente grandes sino también en fragmentos de varios tamaños que contienen una alta riqueza de especies y una notable heterogeneidad entre sus transectos (Schwartz *et al.*, 1997; Landres *et al.*, 1999; Tschardtke *et al.*, 2002; Götmark y Thorell, 2003; Wang *et al.*, 2014).

6 CONCLUSIÓN

En la actualidad, el ecosistema xerofítico del DMQ tiene 196 especies vegetales de las cuales al menos 77 especies tienen abundancias equitativas, lo que representa una importante riqueza de especies similar a otros ecosistemas secos menos intervenidos antrópicamente.

En las comunidades vegetales del ecosistema xerofítico se describe un alto recambio de especies en todos los transectos y se destaca la agrupación en dos patrones altamente heterogéneos.

La fragmentación del ecosistema xerofítico en el posible corredor Tropi-Andino probablemente se origina hace más de tres décadas, principalmente a causa de la expansión de actividades agrícolas, pecuarias y urbanísticas en los valles interandinos y al norte del Área urbana del DMQ.

El uso de mapas multitemporales provenientes de imágenes satelitales con mejor resolución espacial y adecuada clasificación de cada cobertura/uso puede mejorar los análisis de interpretación en la dinámica del uso de suelo sobre la cobertura natural.

Gran parte del ecosistema xerofítico (45%) está altamente amenazado en el posible corredor Tropi-Andino, lo que dificulta el establecer un corredor de conectividad a gran escala. El remanente de ecosistema xerofítico aledaño al Bosque Protector Jerusalem tiene gran potencial para establecer conectividad biológica.

Estrategias como la creación de corredores biológicos pueden fortalecer y mejorar la conectividad de los fragmentos de distinto tamaño del ecosistema xerofítico permitiendo que la diversidad biótica, a largo plazo, pueda generar servicios ambientales.

Es importante señalar que las decisiones políticas de conservación deben promover el flujo genético (especies animales o vegetales) entre los distintos fragmentos del ecosistema e integrar a la conectividad biológica, la conectividad social, política y económica para que se puedan garantizar los procesos de conservación enfocados al desarrollo sostenible.

7 LITERATURA CITADA

- Aguirre, Z., Kvist, L., & Sánchez, O. 2006. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de los Andes Centrales* , 162-187.
- Aguirre-Mendoza, Z., Betancourt-Figueras, Y., Geada-López, G., & Jasen-González, H. 2013. Composición florística, estructura de los bosques secos y su gestión para el desarrollo de la provincia de Loja, Ecuador. *Avances* , 134-146.
- Aizen, M., & Feinsinger, P. 1994. Forest fragmentation, pollination, and plant reproduction in a Chaco dry forest, Argentina. *Ecology* , 330-351.
- Altamirano, A., Echeverría, C., & Lara, A. 2007. Efecto de la fragmentación forestal sobre la estructura vegetal de las poblaciones amenazadas de *Legrandia concinna* (Myrtaceae del centro-sur de Chile). *Revista Chilena de Historia Natural* , 27-42.
- Armijos, J., & Villena, A. 2009. *Composición Florística y Etnobotánica de la Vegetación Natural del Valle de Casanga de la Provincia de Loja*. Loja: Universidad Nacional de Loja-Tesis Ingeniería Forestal.
- Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J., & Robledo, C. 2008. *Manual del Usuario*. Córdoba, Argentina: Editorial Brujas.
- Bennett, A. 1998. *Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation*. (J. M. Blanch, Trans.) Gland, Suiza y Cambridge, RU: IUCN.
- Bennett, A., & Saunders, D. 2010. Habitat fragmentation and landscape change. En Sodhi, N. S., & P. R. Ehrlich, *Conservation Biology for All* (págs. 88-106). U.K.: Oxford Scholarship Online.

- Briassoulis, H. 2000—[en línea]. *Regional Research Institute WVU*. Analysis of Land Use Change: Theoretical and Modeling Approaches: Disponible en Web: <<http://www.rri.wvu.edu/WebBook/Briassoulis/contents.htm>>
- Burnham, R. 1995. A new species of winged fruit from the Miocene of Ecuador: *Tipuana ecuatoriana*. *American Journal of Botany* , 1599–1607.
- Burnham, R., & Carranco, N. 2004. Miocene winged fruits of *Loxopterygium* (Anacardiaceae) from the Ecuadorian Andes. *American Journal of Botany* , 1767–1773.
- Calderón-Patrón, J., Moreno, C., & Zuria, I. 2012. La diversidad beta: medio siglo de avances. *Revista Mexicana de Biodiversidad* , 879-891.
- Castillo, A. G., Schroeder, N., Galicia, C., Pajudas–Botey, A., & Hernández, L. 2009. El bosque tropical seco en riesgo: conflictos entre uso agropecuario, desarrollo turístico y provision de servicios ecosistémicos en la costa de Jalisco, México. *INTERCIENCIA* , 844-850.
- CATIE, C. A. 2011. *Valoración y análisis de la diversidad funcional y su relación con los servicios ecosistémicos*. (F. Casanoves, L. Pla, & J. D. Rienzo, Eds.) Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Chassot, O., & Morera, C. 2007. *Corredores Biológicos: acercamiento conceptual y experiencias en América*. (O. Chassot, & C. Morera, Eds.) San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical / Universidad Nacional de Costa Rica.
- Collinge, S. 1996. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning* , 59-77.

De la Torre, F. 2002. *Actualización del Impacto Ambiental del Nuevo Aeropuerto de Quito*.
Quito: Distrito Metropolitano de Quito.

De Noni, G., Fernández, M., & Peltre, P. 1986. Accidentes climáticos y gestión de las quebradas de Quito. *Paisajes geográficos* , 1-44.

Di Rienzo, J., Casanoves, F., Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. 2008. InfoStat, versión 2008. Córdoba: Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Dupuy, J. M., Hernández, J. L., Hernández, R., Tun, F., & May, F. 2012. Efectos del cambio de uso del suelo en la biomasa y diversidad de plantas leñosas en un paisaje de bosque tropical seco en Yucatán. *Investigación ambiental* , 130-140.

Encyclopedia of Life. [en línea]. *eol.org*. [ref. 12 de septiembre de 2014]. Disponible en Web:
<<http://eol.org/>>

ESRI. [en línea]. *Esri Home*. [ref. 12 de agosto de 2014]. Disponible en Web:
<<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z0000007r000000>>

Fahrig, L. 2002. Effect of Habitat Fragmentation on the Extinction Threshold: A Synthesis. *Ecological Applications* , 346-353.

Fuchs, E., Lobo, J., & Quesada, M. 2003. Effects of Forest Fragmentation and Flowering Phenology on the Reproductive Success and Mating Patterns of the Tropical Dry Forest Tree. *Conservation Biology* , 149–157.

- Gascon, G., Lovejoy, T., Bierregaard, R., Malcolm, J., Stouffer, P., Vasconcelos, H., y otros. 1999. Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation* , 223-229.
- Götmark, F., & Thorell, M. 2003. Size of nature reserves: densities of large trees and dead wood indicate high value of small conservation forests in southern Sweden. *Biodiversity and Conservation* , 1271–1285.
- Haddad, N. M., & Baum, K. A. 1999. An Experimental Test of Corridor Effects on Butterfly Densities. *Ecological Applications* , 623–633.
- Harvard University. [en línea]. *Harvard University Herbaria & Libraries*. [ref. 04 de septiembre de 2014]. Disponible en Web: <http://kiki.huh.harvard.edu/databases/specimen_index.html>
- Hyman, G., Robiglio, V., White, D., Velarde, S., & van Noordwijk, M. 2011. Uso de la tierra y cambio en el uso de la tierra. En D. White, & P. Minang, *Estimación de los Costos de Oportunidad de REDD+ Manual de capacitación* (págs. 4(0-38)). Washington,: Banco Mundial.
- Jost, L. 2006. Entropy and diversity. *OIKOS*, 363-375.
- Landres, P., Morgan, P., & Swanson, F. 1999. Overview of the use of natural variability concepts in managing ecological systems. *Ecological Applications* , 1179–1188.
- Laurance, W., Camargo, J., Luizão, R., Laurance, S., Pimm, S., Bruna, E., y otros. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation* , 56–67.

- Layman, C. A., Quattrochi, J. P., Peyer, C. M., & Allgeier, J. E. 2007. Niche width collapse in a resilient top predator following ecosystem fragmentation. *Ecology Letters* , 937-944.
- McGarigal, K., & Ene, E. [en línea]. *FRAGSTATS v4.2: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*. [ref. 10 de enero de 2014]. Disponible en Web: <<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>>
- McGarigal, K., & Marks, B. J. 1995. *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*. Portland, OR: U.S.: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest. Research Station.
- MDMQ-Secretaría de Ambiente. 2011. *Memoria Técnica del Mapa de Cobertura Vegetal del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ)*. Quito: Manthra Editores.
- Montaña, C. 1992. The Colonization of Bare Areas in Two-Phase Mosaics of an Arid Ecosystem. *The Journal of Ecology* , 315-327.
- Mostacedo, B., & Todd, F. 2000. *BOLFLOR: Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: El País.
- Murray, S. 1997. *Urban and Peri-Urban Forestry in Quito, Ecuador: a Case-Study*. Roma: (FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Nekola, J., & White, P. 1999. Special Paper: The Distance Decay of Similarity in Biogeography and Ecology. *Journal of Biogeography* , 867-878.
- Pennington, R., Lavin, M., Prado, D., Pendry, C., Pell, S., & Butterworth, C. 2004. Historical climate change and speciation: neotropical seasonally dry forest plants show patterns of

- both Tertiary and Quaternary diversification. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* , 515-537.
- Pla, L. 2006. Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia* , 583-590.
- PNUMA-MDMQ-FLACSO Ecuador. 2011. *Perspectivas del Ambiente y Cambio Climático en el Medio Urbano: ECCO Distrito Metropolitano de Quito*. Quito: CrearImagen.
- Preston, F. 1960. Time and Space and the Variation of Species. *Ecology* , 612-627.
- Quintana, C. 2013. *Plantas Silvestres de los Valles Secos Cercanos a Quito*. Quito: Herbario QCA, PUCE.
- Rozzi, R., Primack, R., Feinsinger, P., Dirzo, R., & Massardo, F. 2001. ¿Que es la biología de la conservación? En R. Primack, *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas* (págs. 1-35). México: Fondo de Cultura Económica.
- Rutledge, D. 2003. *Landscape indices as measures of the effects of fragmentation: can pattern reflect process?* New Zealand: DOC SCIENCE INTERNAL.
- Sala, O., & Aguiar, M. 1995. Origin, maintenance, and ecosystem effect of vegetation patches in arid lands. *Proceedings of the Fifth International Rangeland Congress* (págs. 29–32). Denver: Society for Range Management.
- Sarkinen, T., Pennington, R., Lavin, M., Simon, M., & Hughes, C. 2012. Evolutionary islands in the Andes: persistence and isolation explain high endemism in Andean dry tropical forests. *Journal of Biogeography* , 884–900.

- Schwartz, M., & van Mantgen, P. 1997. The value of small preserves. En C. Warwick (Ed.), *Fifteenth North American Prairie Conference* (págs. 213-218). Bend: Natural Areas Association.
- Sierra, R. 2000. Una aproximación al estado de conservación de los ecosistemas terrestres del Ecuador Continental. In R. Valencia, N. Pitman, S. León-Yáñez, & P. (. Jorgensen, *Libro rojo de las plantas endémicas del Ecuador, 2ª edición* (pp. 52-62). Quito: Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Smith, T. M., & Smith, R. L. 2007. *Ecología* (6 ta edición ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Tang, Q., Liang, G., Lu, X., & Ding, S. 2014. Effects of Corridor Networks on Plant Species Composition and Diversity in an Intensive Agriculture Landscape. *Chinese Geographical Science* , 93–103.
- Terradillos, A. 2008. *Estudio de la calidad del habitat y la capacidad biocinegética del coto de caza mayor "Las Jarillas" (El Pedroso, Sevilla)*. Sevilla: Universitat de Lleida.
- The Field Museum. [en línea]. *Neotropical Herbarium Specimens*. [ref. 02 de septiembre de 2014]. Disponible en Web: <http://fm1.fieldmuseum.org/vrrc/index.php?language=eng&PHPSESSID=b85&PHPSESSID=b85>
- The Nature Conservancy. 2009. *Estudio multitemporal del nor-oriente del Ecuador*. Quito: Presentado por GEOPLADES CIA. LTDA.
- Tonway, D., & Ludwig, J. 1990. Vegetation and soil patterning in semi-arid mulga lands of Eastern Australia. *Australian Journal of Ecology* , 23-34.

Tropicos.org. [en línea]. *Missouri Botanical Garden*. [ref. 14 de octubre de 2014]. Disponible en Web: <<http://www.tropicos.org>>

Tscharntke, T., Steffan-Dewenter, I., Kruess, A., & Thies, C. 2002. Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland-cropland landscapes. *Ecological Applications* , 354–363.

Turner, M., Gardner, R., & O'Neill, R. 2001. Introduction to landscape ecology. In M. Turner, R. Gardner, & R. O'Neill, *Landscape ecology in theory and practice: pattern and process* (pp. 1-23). New York: Springer.

USDA. 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Washington: Government Printing Office.

Wang, F., McShea, W., Wang, D., Sheng, L., Qing, Z., Wang, H., y otros. 2014. Evaluating Landscape Options for Corridor Restoration between Giant Panda. *PLoS ONE* , e105086. doi:10.1371/journal.pone.0105086.

Whittaker, R. H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs* , 279-338.

8 FIGURAS

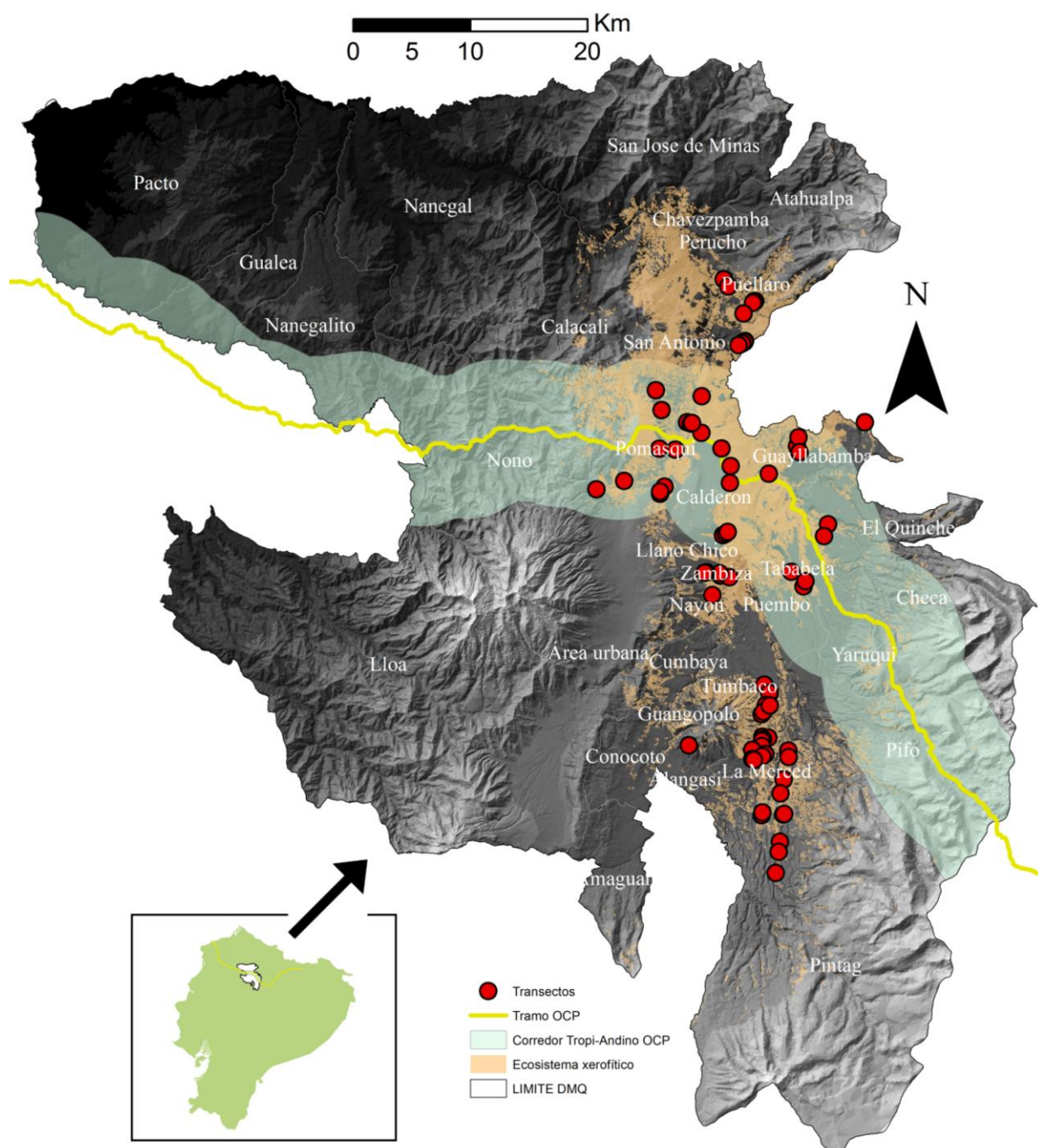


Figura 1. Distribución del ecosistema xerofítico del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) con los puntos de muestreo de vegetación 2014 (transectos) y el área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) (corredor Tropi-Andino). El mapa muestra la distribución del ecosistema xerofítico al 2011.

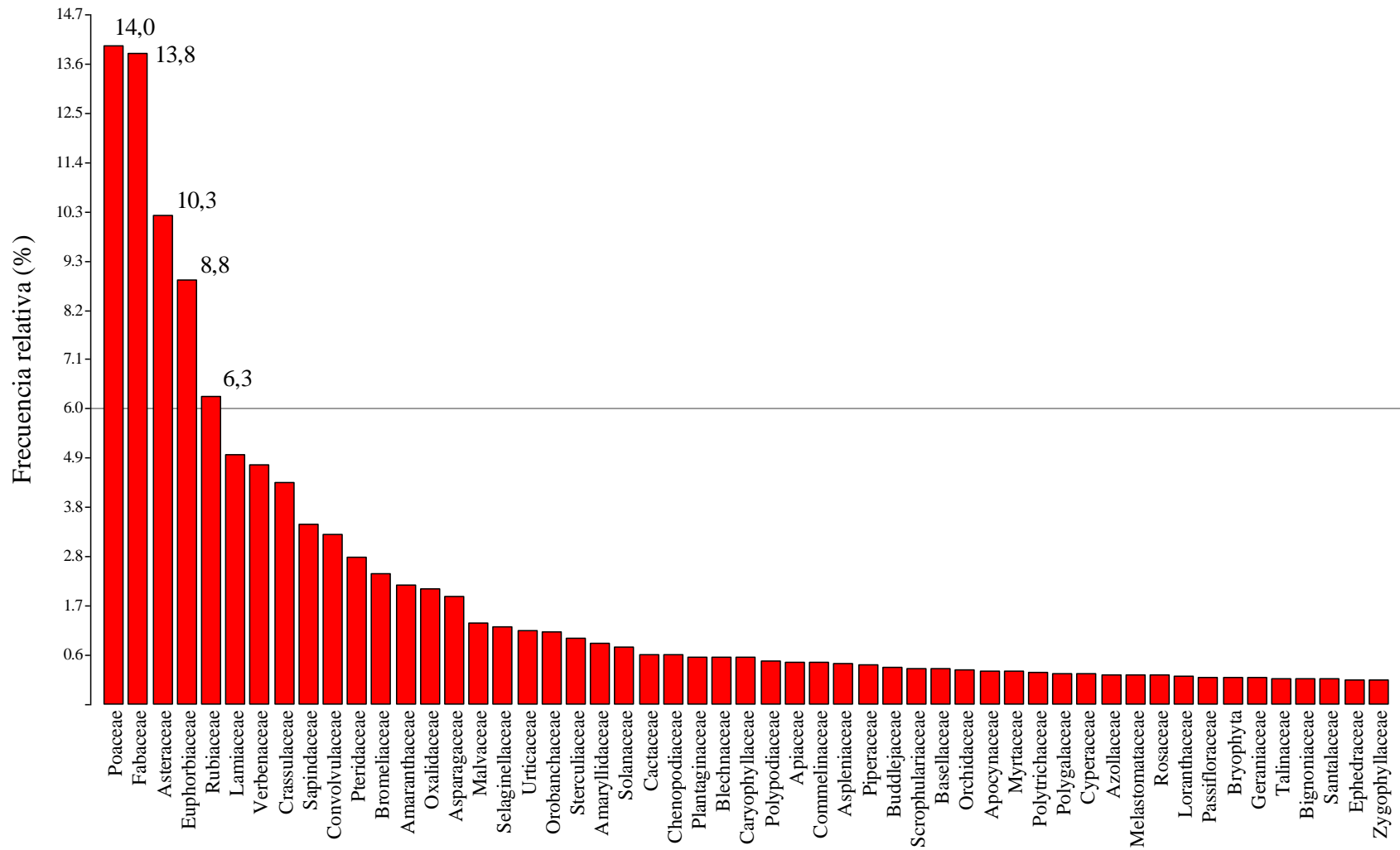


Figura 2. Frecuencia relativa de las familias registradas en los transectos de vegetación muestreados en el ecosistema xerofítico del DMQ.

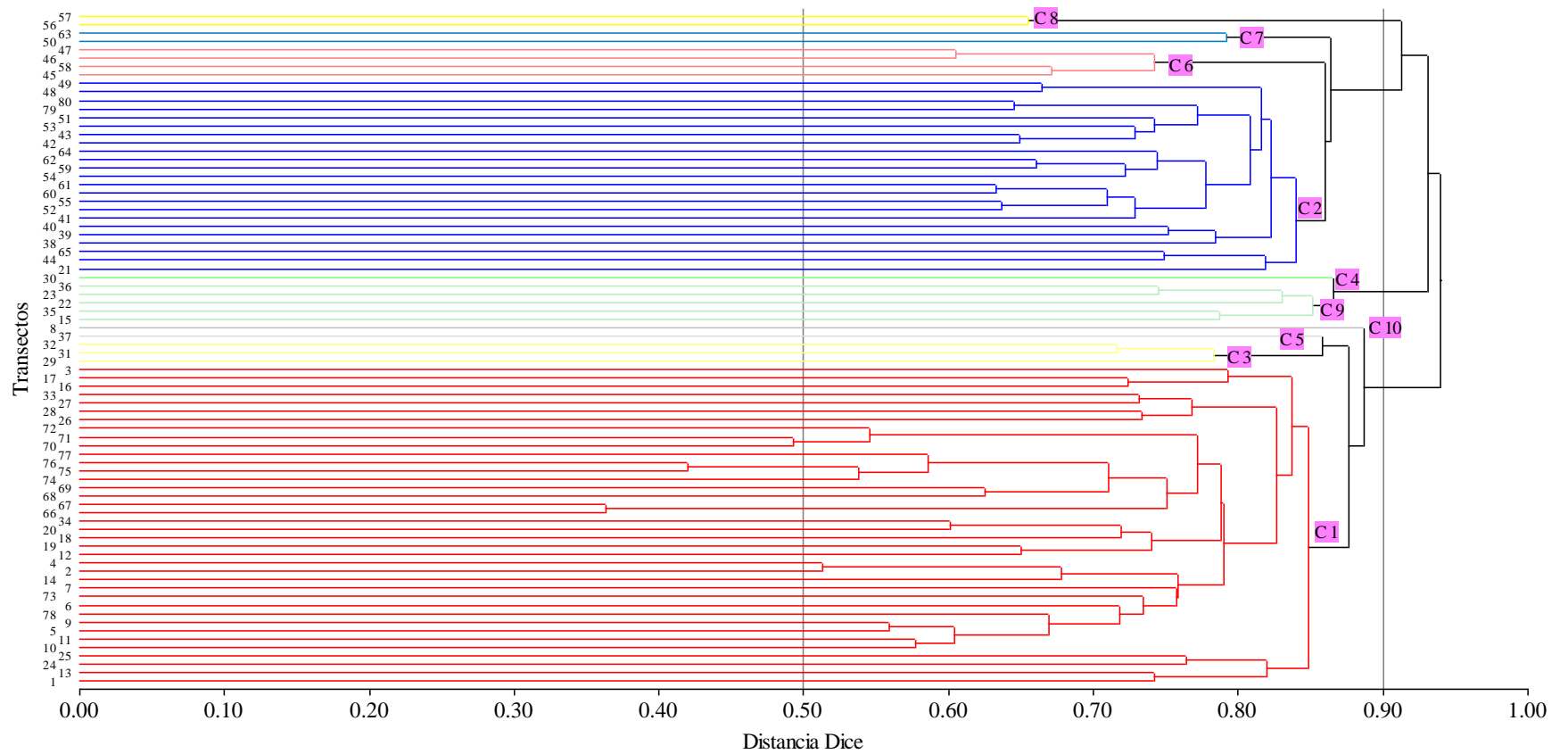


Figura 3. Dendrograma de similitud (correlación cofenética = 0,85) de los transectos muestreados en el ecosistema xerofítico del DMQ (método de encadenamiento promedio utilizando el coeficiente de Dice). Cada conglomerado (C) representa una configuración de transectos según sus niveles de similitud.

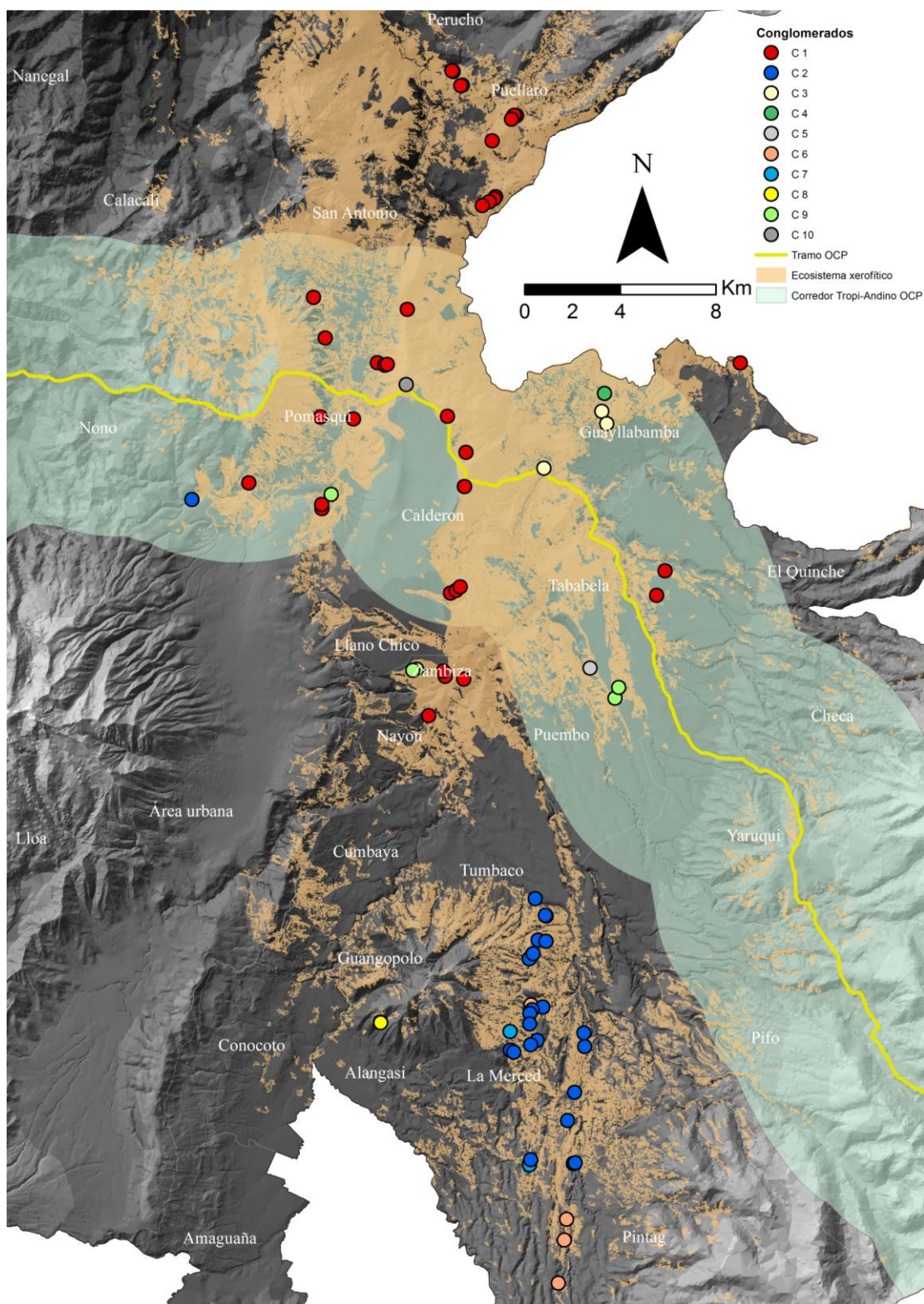


Figura 4. Representación espacial de los transectos agrupados por conglomerados (C1–C10) según el dendrograma de similitud (Figura 3). El mapa muestra la distribución del ecosistema xerofítico al 2011; el muestreo de vegetación se realizó en 2014.

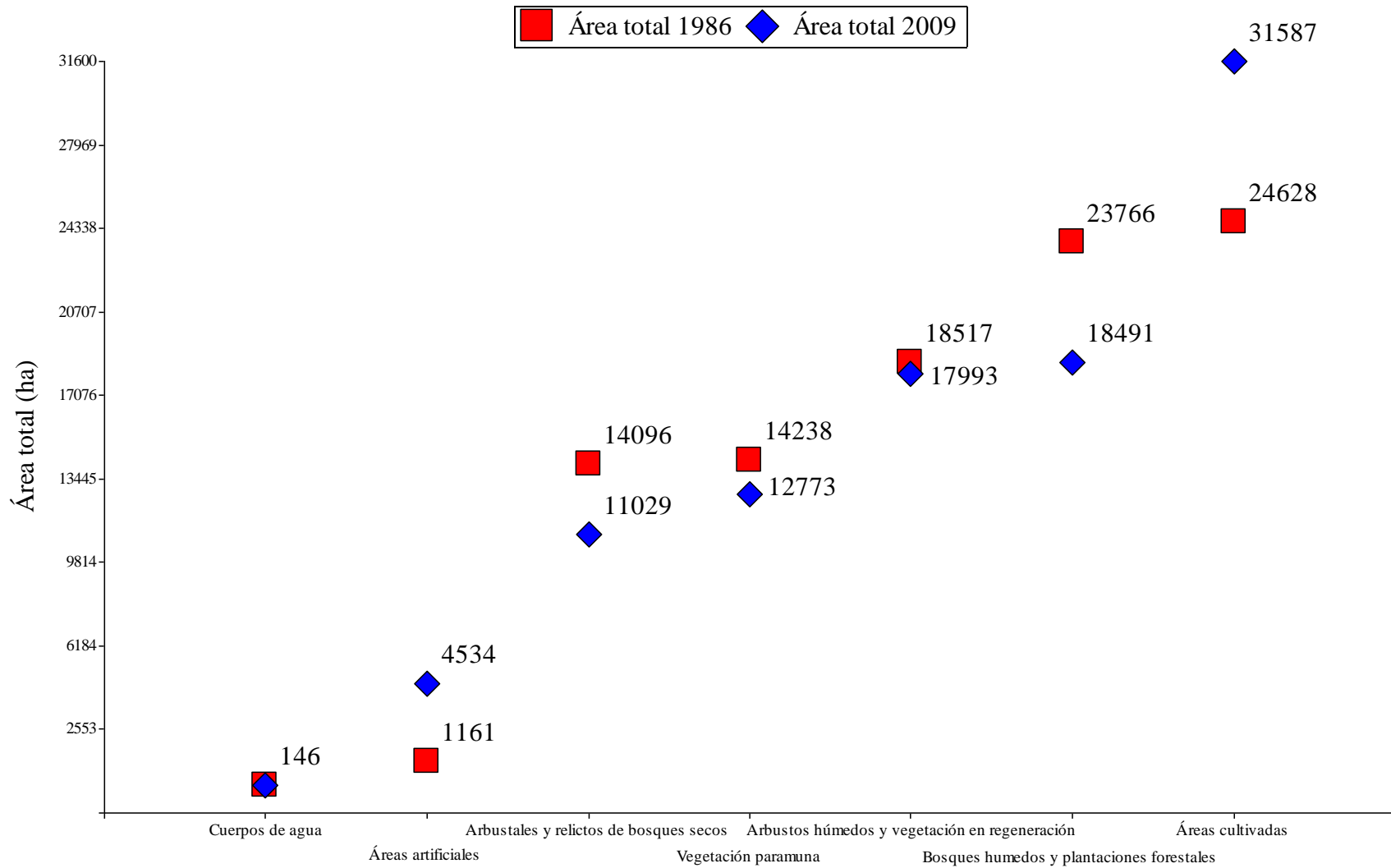


Figura 5. Área total de diferentes tipos de cobertura/uso de suelo en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), en los años 1986 y 2009.

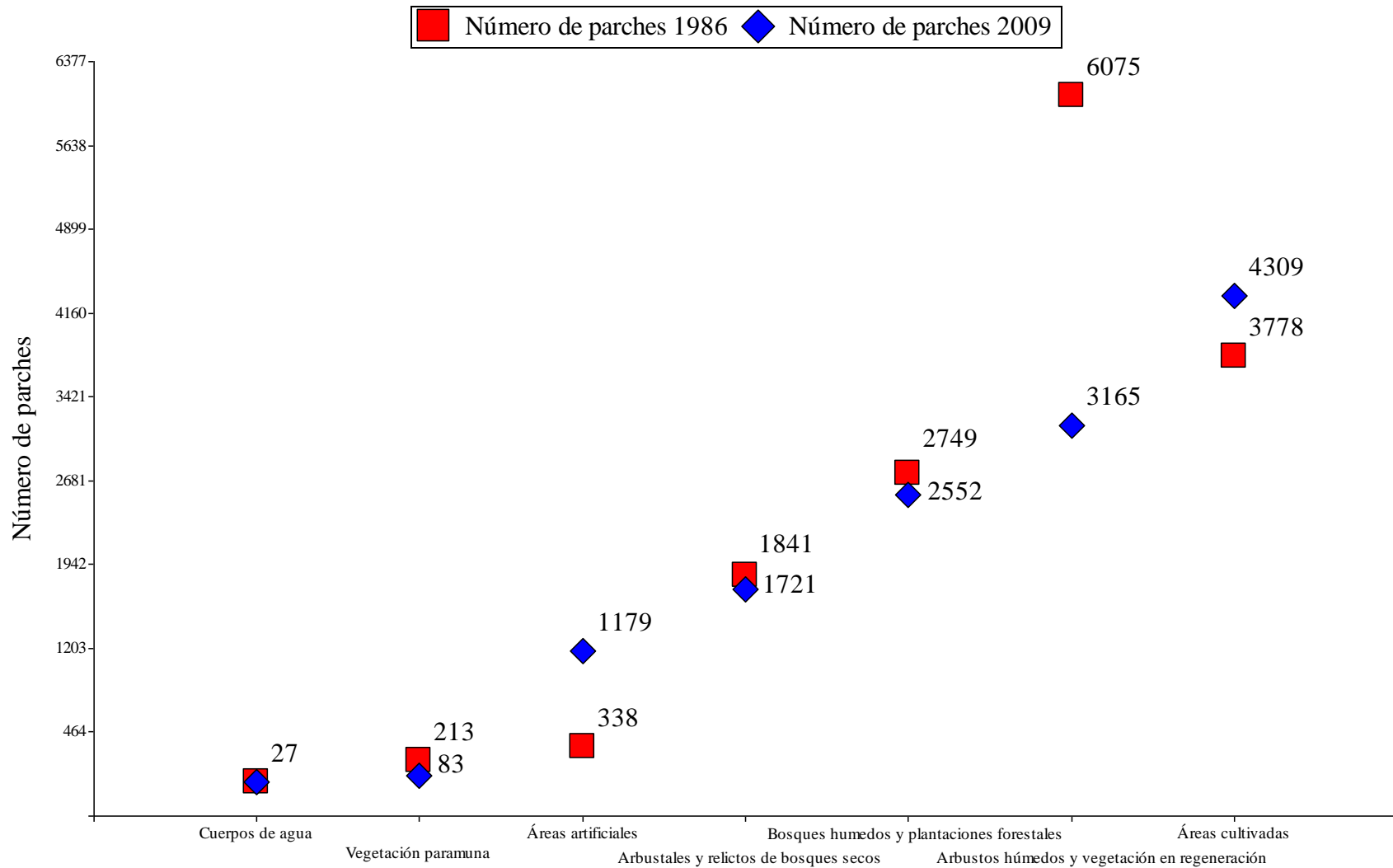


Figura 6. Número de parches de diferentes tipos de cobertura/uso de suelo en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), en los años 1986 y 2009.

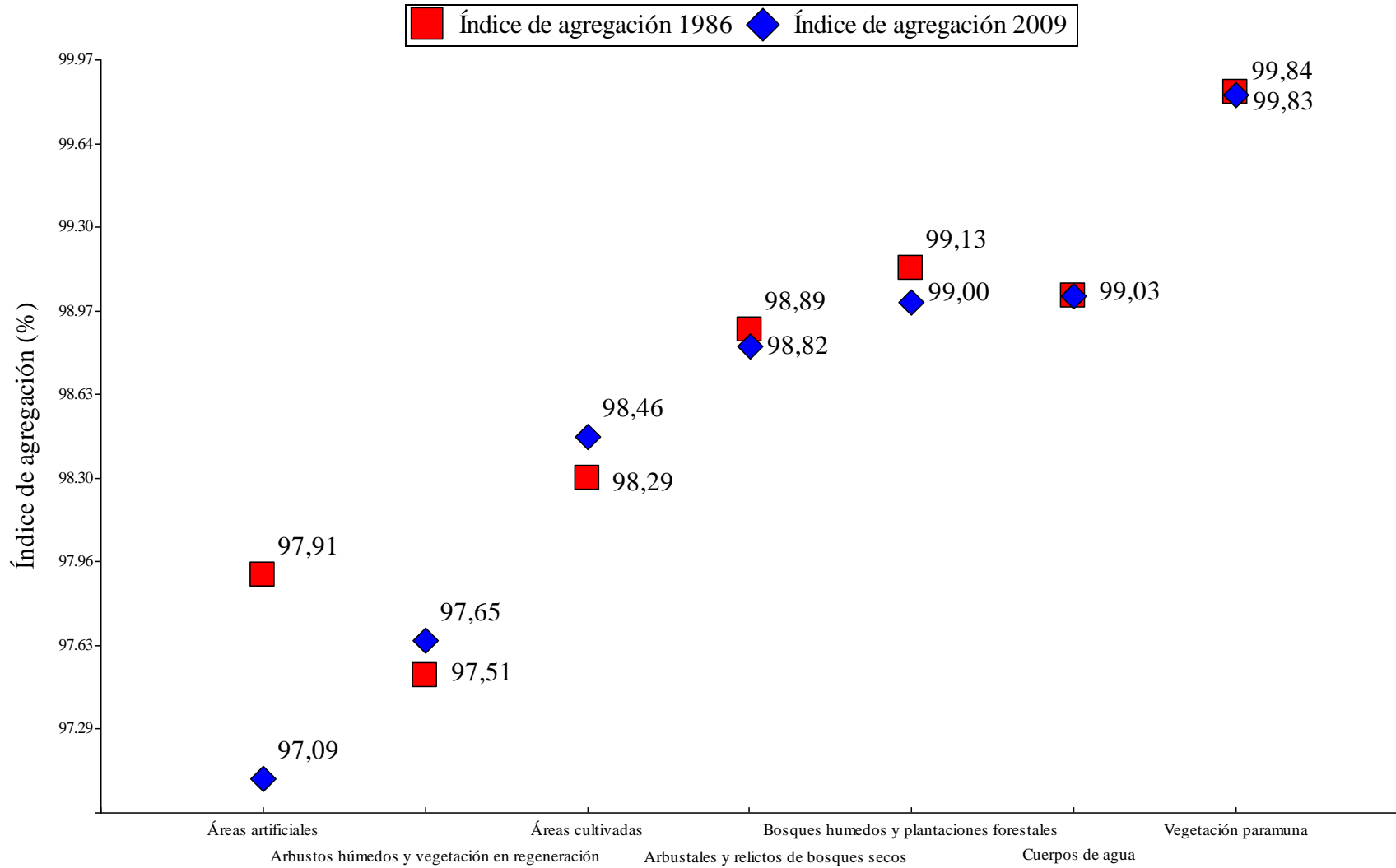


Figura 7. Índice de agregación de diferentes tipos de cobertura/uso de suelo en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), en los años 1986 y 2009.

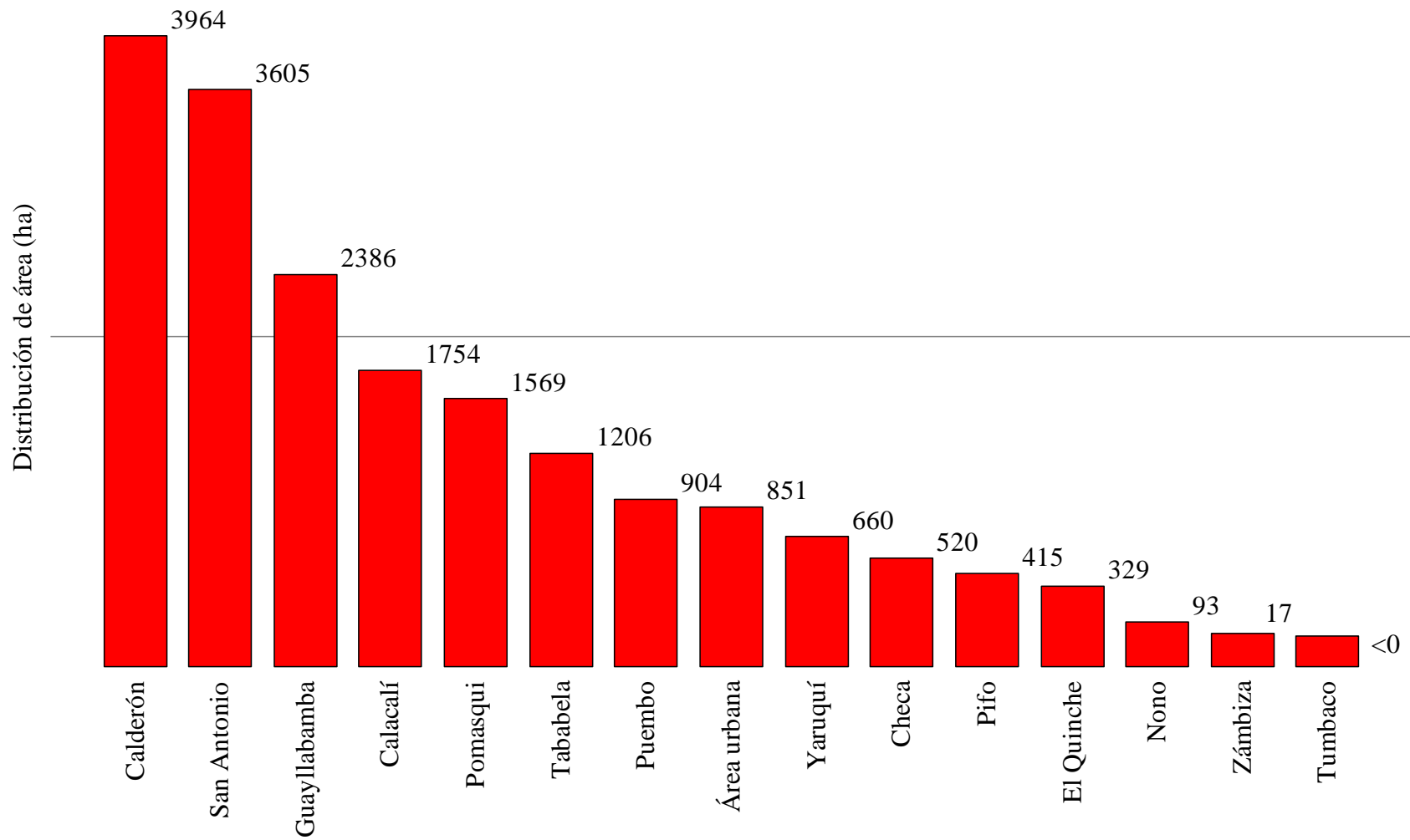


Figura 8. Distribución del área de ecosistema xerofítico en diferentes parroquias en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), al 2011.

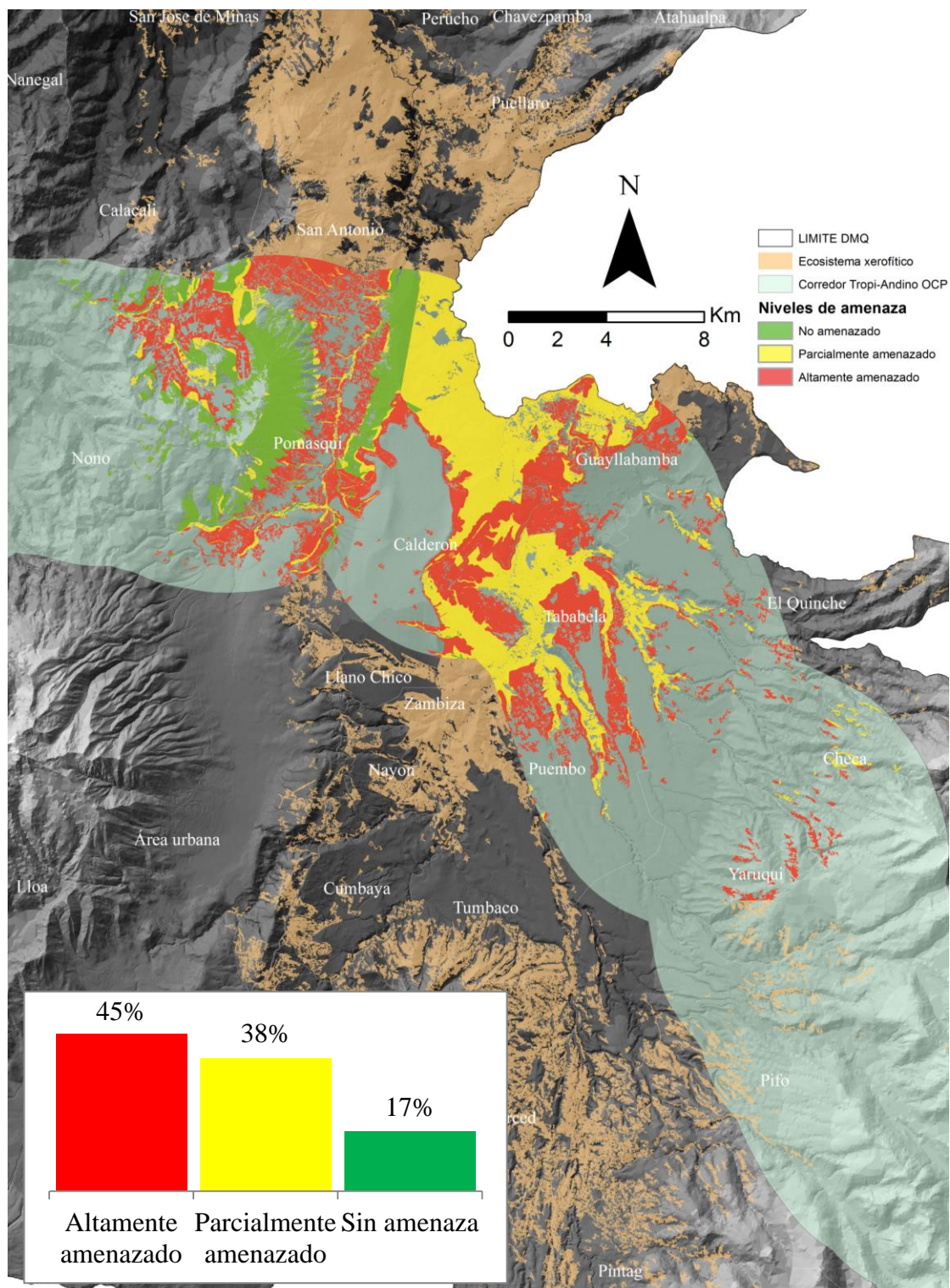


Figura 9. Distribución espacial de los niveles de amenaza en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino), al 2011.

9 TABLAS

Tabla 1. Combinaciones de la dinámica de cobertura/uso de suelo entre el año 1986 y 2009. El símbolo “→” indica la dirección del cambio de cobertura/uso. Además se indica el tipo de cobertura/uso: natural (N) o antrópico (A). En letras y números negritas se muestran los cambios observados y en letras y números gris los cambios no observados.

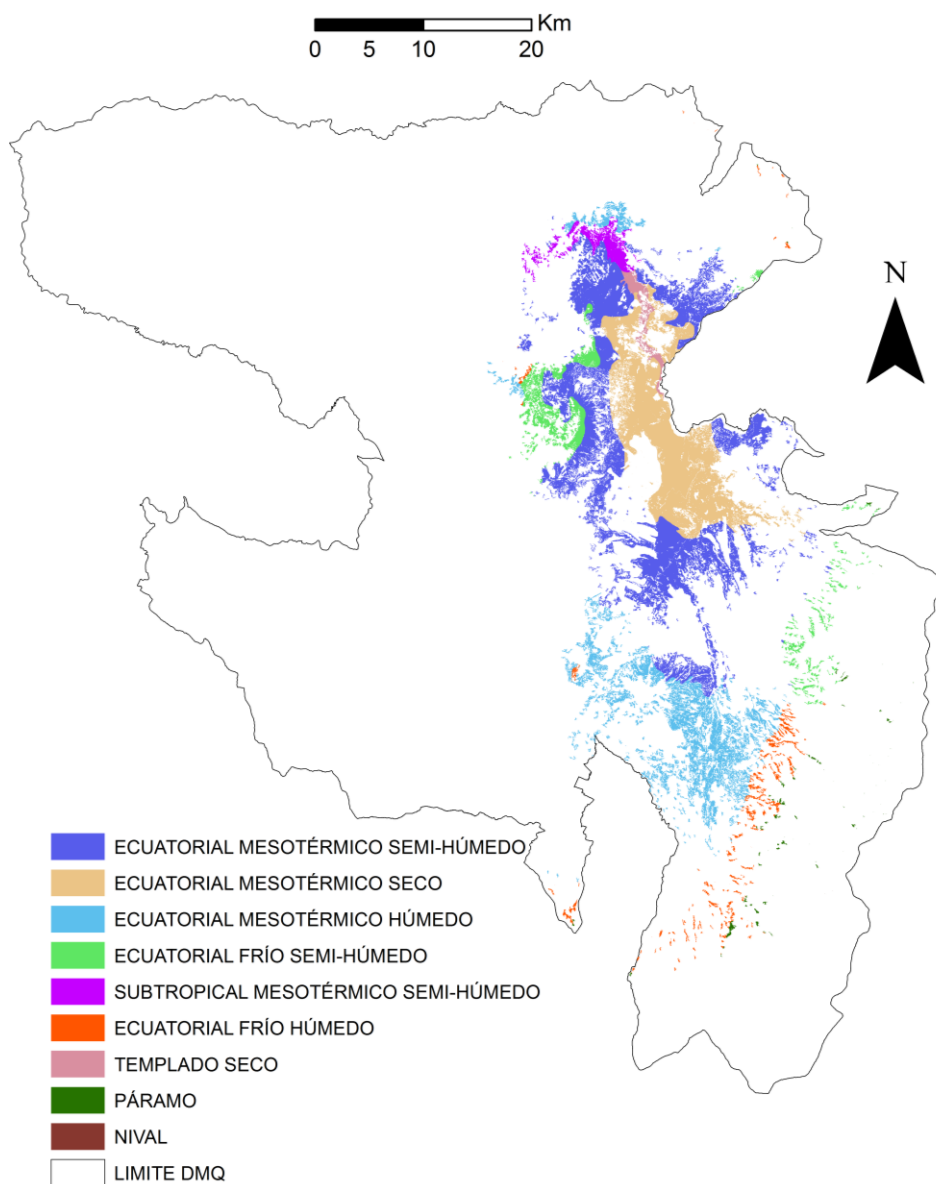
COBERTURA/USO DE SUELO		2009						
		1 Arbustos húmedos y vegetación en regeneración	2 Bosques húmedos y plantaciones forestales	3 Áreas cultivadas	4 Vegetación paramuna	5 Cuerpos de agua	6 Arbustos secos y relictos de bosques secos	7 Áreas artificiales
1 9 8 6	1 Arbustos húmedos y vegetación en regeneración	1→1	1→2 N→N	1→3 N→A	1→4 N→N	1→5	1→6	1→7 N→A
	2 Bosques húmedos y plantaciones forestales	2→1 N→N	2→2	2→3 N→A	2→4 N→N	2→5	2→6	2→7 N→A
	3 Áreas cultivadas	3→1 A→N	3→2	3→3	3→4	3→5	3→6	3→7 A→A
	4 Vegetación paramuna	4→1	4→2	4→3 N→A	4→4	4→5	4→6	4→7
	5 Cuerpos de agua	5→1	5→2	5→3	5→4	5→5	5→6	5→7
	6 Arbustos secos y relictos de bosques secos	6→1	6→2	6→3 N→A	6→4	6→5	6→6	6→7 N→A
	7 Áreas artificiales	7→1 A→N	7→2	7→3 A→A	7→4	7→5	7→6	7→7

Tabla 2. Métricas de ecología del paisaje en el ecosistema xerofítico en el ecosistema xerofítico del área de influencia del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) en el Distrito Metropolitano de Quito (potencial corredor Tropi-Andino).

Año	Cobertura/uso de suelo	Área total (ha)	Porcentaje del paisaje (%)	Número de parches (#)	Índice de agregación (%)
1 9 8 6	Arbustos húmedos y vegetación en regeneración	18.516,88	19,18	6.075	97,51
	Bosques húmedos y plantaciones forestales	23.766,07	24,61	2.749	99,13
	Áreas cultivadas	24.628,16	25,51	3.778	98,29
	Vegetación paramuna	14.238,23	14,75	213	99,84
	Cuerpos de agua	145,8	0,15	27	99,03
	Arbustales secos y relictos de bosques secos	14.095,93	14,6	1.841	98,89
	Áreas artificiales	1.160,86	1,2	338	97,91
2 0 0 9	Arbustos húmedos y vegetación en regeneración	17.992,91	18,64	3.165	97,65
	Bosques húmedos y plantaciones forestales	18.491,4	19,15	2.552	99
	Áreas cultivadas	31.586,78	32,71	4.309	98,46
	Vegetación paramuna	12.772,59	13,23	83	99,83
	Cuerpos de agua	145,8	0,15	27	99,03
	Arbustales secos y relictos de bosques secos	11.028,76	11,42	1.721	98,82
	Áreas artificiales	4.533,69	4,7	1.179	97,09

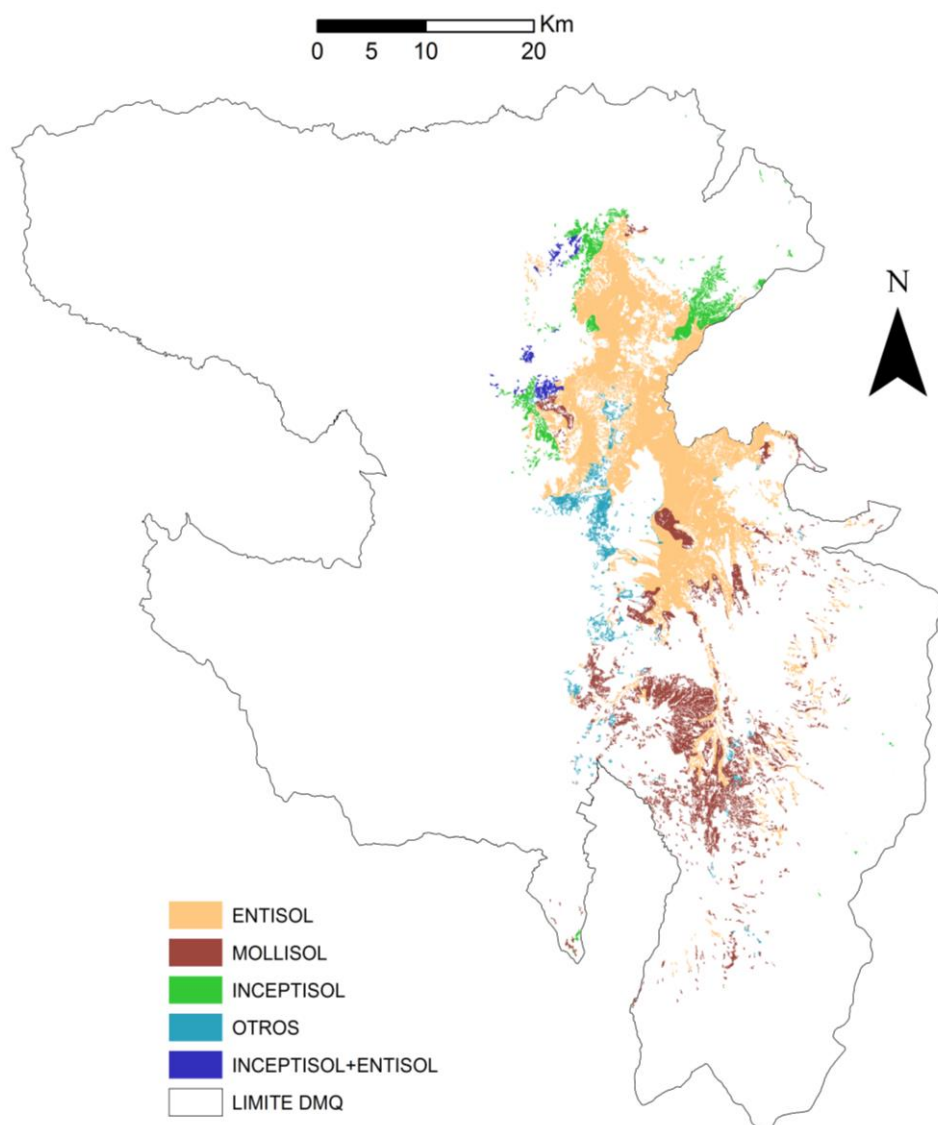
10 ANEXOS

Anexo 1. Tipos de clima en el ecosistema xerofítico del DMQ.



Tipos de clima	Temperatura media anual °C	Precipitación media anual mm	Superficie	
			ha	%
Ecuatorial mesotérmico semi-húmedo	12–18	500–1.000	16.406,74	41,7569
Ecuatorial mesotérmico seco	12–18	<500	10.063,92	25,6138
Ecuatorial mesotérmico húmedo	12–18	1.000–2.000	7.034,36	17,9032
Ecuatorial frío semi-húmedo	8–12	500–1.000	2.652,82	6,7517
Subtropical mesotérmico semi-húmedo	12–22	500–1.000	1.163,28	2,9607
Ecuatorial frío húmedo	8–12	1.000–2.000	1.094,73	2,7862
Templado seco	12–22	<500	647,46	1,6479
Páramo	4–8	>500	227,70	0,5795
Nival	<4	>500	0,08	0,0002

Anexo 2.Tipos de suelo en el ecosistema xerofítico del DMQ.



Tipos de suelo (Orden)	Superficie	
	ha	%
Entisol	25.190,9	63,1
Mollisol	9.148,7	22,9
Inceptisol	2.841,5	7,1
Otros	2.162,8	5,4
Inceptisol + Entisol	565,8	1,4

Anexo 3. Descripción de las métricas de ecología del paisaje consideradas para la dinámica de la fragmentación en este estudio. Las métricas fueron calculadas con el software Fragstats (Mcgarigal & Ene, 2014).

Categoría	Métrica	Descripción	Unidad y rango
Composición del paisaje-área-borde	<p>Área total</p> $CA/TA = \sum_{j=1}^n a_{ij}$ $a_{ij} = \text{Área}$	Es la cantidad del paisaje que está compuesto por una determinada clase de fragmento.	Hectárea $CA > 0$ sin límite
	<p>Proporción del paisaje</p> $PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} \times 100$ <p>P_i = Proporción de paisaje ocupado por el tipo clase</p> <p>A = Área total del paisaje</p>	Es el porcentaje que corresponde a la proporción de cada clase de fragmento.	Porcentaje $0 < PLAND \leq 100$
Textura del paisaje-subdivisión	<p>Número de parches</p> $NP = n_i$ <p>n_i = número de parches en el paisaje (clase)</p>	Es una medida de la heterogeneidad espacial del mosaico. Se calcula el número de parches totales que contiene cada clase. El mínimo valor que se puede obtener es 1.	Sin unidades $NP > 0$, Sin límite. $NP=1$ cuando el paisaje contiene un solo parche.
Textura del paisaje-agregación	<p>Índice de agregación</p> $AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max g_{ii}} \right] \times 100$ <p>g_{ii} = Número de adyacencias comunes</p> <p>Max g_{ii} = Número máximo de adyacencias comunes</p>	Es el número de adyacencias comunes que implican la clase correspondiente.	Porcentaje $0 \leq AI \leq 100$ AI es igual a 0 cuando no hay adyacencias similares; AI aumenta a medida que el tipo de parche focal es cada vez agregada y es igual a 100.

Anexo 4. Valoración de las capas según su influencia en el ecosistema xerofítico. Participaron del análisis multicriterio: Santiago Espinosa (Docente de la Escuela de Biología de la PUCE) y José Aragón (Coordinador SIG en la Fundación EcoCiencia).

Indicadores	Valor	Detalle
Agrícola Residencial (PUOS)	-6	Son aquellas áreas y asentamientos humanos concentrados o dispersos, vinculados con las actividades agrícolas, pecuarias, forestales y piscícolas en menor escala.
Área promoción (PUOS)	-5	Son área en donde la administración metropolitana podrá definir zonas de promoción, de regulación especial destinadas a intervenciones prioritarias de proyección metropolitana, a la formulación de grandes proyectos urbanos, a la implantación de equipamientos o instalaciones de infraestructura especial de carácter zonal, de ciudad y metropolitano.
Bosques protectores	10	Son los bosques protectores del Ecuador.
Equipamiento (PUOS)	-7	Es área destinada a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios para satisfacer las necesidades de la población, garantizar el esparcimiento y mejorar la calidad de vida en el distrito, independientemente de su carácter público o privado, en área del territorio, lotes independientes y edificaciones.
Industrial 2 (PUOS)	-10	Es un área industrial de mediano impacto ambiental y urbano.
Industrial 3 (PUOS)		Es un área industrial de alto impacto ambiental y urbano: producen efectos nocivos por descargas líquidas no domésticas, emisiones de combustión, procesos, ruido, vibración, residuos sólidos y riesgos inherentes a sus labores
Industrial 4 (PUOS)		Es un área industrial de alto riesgo: implican impactos críticos al ambiente y alto riesgo de incendio, explosión o emanación de gases, por la naturaleza de los productos y sustancias utilizadas.
Múltiple (PUOS)	-6	Es un área que corresponde al uso de los predios con frente a ejes o ubicaciones en áreas de centralidad en la que pueden coexistir residencia, comercio, industrias de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles de acuerdo a las disposiciones del PUOS.
Patrimonial (PUOS)	4	Son áreas o edificaciones que forman parte del legado histórico con valor patrimonial que requiere preservarse y recuperarse. Este suelo está sujeto a regímenes legales y a un planteamiento especial que determina los usos de suelo de estas áreas, compatibles con la conservación y recuperación arquitectónica y urbanística.
Predios DMQ	-7	Son los predios registrados en el Municipio del DMQ.
Protección ecológica (PUOS)	10	Es un área no urbanizable dedicada a la conservación del patrimonio natural bajo el enfoque calidad ambiental, equilibrio ecológico y desarrollo sustentable.
Residencial 1 (PUOS)	-10	Es un área de uso residencial en las que se permite la presencia limitada de comercios y servicios de nivel barrial y equipamientos barriales sectoriales.
Residencial 2 (PUOS)		Es un área de uso residencial en las que se permite la presencia limitada de comercios y servicios de nivel barrial y equipamientos barriales sectoriales y zonales.
Residencial 3 (PUOS)		Es un área de uso residencial en las que se permite la presencia limitada de comercios, servicios y equipamientos barriales sectoriales y zonales.
Recursos naturales renovables (PUOS)	-10	Es un área destinada al manejo, extracción y transformación de recursos naturales: actividades agropecuarias, forestales, piscícola.
Recursos naturales no renovables (PUOS)	-10	Es un área destinada al manejo, extracción y transformación de recursos naturales: actividades de minería.
SNAP	10	Es el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador
VÍAS	-8	Es el área buffer o efecto de borde de 25 m en las vías.
	-6	Es el área buffer o efecto de borde de 100 m en las vías.

Anexo 5. Frecuencia absoluta (FA) y frecuencia relativa (FR) de las especies presentes en el ecosistema xerofítico del DMQ.

N°	Especies	FA (%)	FR (%)
1	<i>Acalypha padifolia</i> Kunth	1	0,02
2	<i>Achyrocline</i> (Less.) DC.	9	0,14
3	<i>Adiantum concinnum</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	17	0,26
4	<i>Agave americana</i> L.	112	1,70
5	<i>Ageratina</i> sp1	4	0,06
6	<i>Aloysia scorodonioides</i> (Kunth) Cham.	24	0,36
7	<i>Alternanthera porrigens</i> var. <i>mearsii</i> Eliasson	39	0,59
8	<i>Alternanthera porrigens</i> var. <i>porrigens</i>	63	0,96
9	<i>Ambrosia arborescens</i> Mill.	1	0,02
10	<i>Andropogon bicornis</i> L.	10	0,15
11	<i>Anredera brachystachys</i> (Moq.) Sperling	18	0,27
12	<i>Aphanactis villosa</i> S.F. Blake	2	0,03
13	<i>Arcytophyllum thymifolium</i> (Ruiz & Pav.) Standl.	412	6,26
14	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	7	0,11
15	<i>Arenaria</i> sp.	11	0,17
16	<i>Aristida guayllabambensis</i> Lægaard	9	0,14
17	<i>Asplenium aethiopicum</i> (Burm. f.) Bech.	24	0,36
18	<i>Asplenium monanthes</i> L.	1	0,02
19	<i>Astragalus geminiflorus</i> Bonpl.	5	0,08
20	<i>Astrolepis sinuata</i> (Lag. ex Sw.) D.M. Bentham & Windham	5	0,08
21	<i>Aulonemia longiaristata</i> L.G. Clark & Londoño	3	0,05
22	<i>Axonopus micay</i> García-Barr.	3	0,05
23	<i>Azolla mexicana</i> Schldtl. & Cham. ex Kunze	10	0,15
24	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	94	1,43
25	<i>Bellis perennis</i> L.	3	0,05
26	<i>Bidens alba</i> (L.) DC.	2	0,03
27	<i>Bidens andicola</i> Kunth	262	3,98
28	<i>Bidens pilosa</i> L.	17	0,26
29	<i>Blechnum occidentale</i> L.	34	0,52
30	<i>Bothriochloa saccharoides</i> (Sw.) Rydb.	22	0,33
31	<i>Bromus berterioanus</i> Colla	5	0,08
32	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	2	0,03
33	<i>Bryophyllum pinnatum</i> (Lam.) Oken	246	3,74
34	<i>Buddleja bullata</i> Kunth	2	0,03
35	<i>Buddleja pichinchensis</i> Kunth	19	0,29
36	<i>Byttneria ovata</i> Lam.	62	0,94
37	<i>Capsicum rhomboideum</i> (Dunal) Kuntze	20	0,3
38	<i>Capsicum</i> L.	3	0,05
39	<i>Carex</i> sp1	8	0,12
40	<i>Cerastium</i> L.	2	0,03
41	<i>Chamaesyce hyssopifolia</i> (L.) Small	27	0,41
42	<i>Chamaesyce prostrata</i> (Aiton) Small	211	3,20
43	<i>Cheilanthes bonariensis</i> (Willd.) Proctor	41	0,62
44	<i>Cheilanthes myriophylla</i> Desv.	52	0,79
45	<i>Chenopodium album</i> L.	7	0,11
46	<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.	1	0,02
47	<i>Chenopodium petiolare</i> Kunth	5	0,08
48	<i>Chenopodium pratericola</i> Rydb.	19	0,29
49	<i>Chenopodium</i> L.	6	0,09

N°	Especies	FA (%)	FR (%)
50	<i>Citharexylum ilicifolium</i> Kunth	70	1,06
51	<i>Cleistocactus sepium</i> (Kunth) F.A.C. Weber	5	0,08
52	<i>Clinopodium fasciculatum</i> (Benth.) Govaerts	96	1,46
53	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	27	0,41
54	<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	3	0,05
55	<i>Coursetia dubia</i> (Kunth) DC.	68	1,03
56	<i>Coursetia gracilis</i> Lavin	35	0,53
57	<i>Cranichis antioquiensis</i> Schltr.	11	0,17
58	<i>Croton elegans</i> Kunth	332	5,04
59	<i>Croton menthodorius</i> Benth.	4	0,06
60	<i>Croton wagneri</i> Müll. Arg.	6	0,09
61	<i>Cuscuta stenolepis</i> Engelm.	56	0,85
62	<i>Cynanchum microphyllum</i> Kunth	9	0,14
63	<i>Cynanchum</i> sp1	6	0,09
64	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	2	0,03
65	<i>Cyperus</i> L.	3	0,05
66	<i>Dalea coerulea</i> (L. f.) Schinz & Thell.	170	2,58
67	<i>Dasyphyllum</i> Kunth	21	0,32
68	<i>Desmodium campyloclados</i> Hemsl.	3	0,05
69	<i>Desmodium intortum</i> (Mill.) Urb.	4	0,06
70	<i>Desmodium molliculum</i> (Kunth) DC.	155	2,35
71	<i>Desmodium</i> sp1	8	0,12
72	<i>Digitaria insularis</i> (L.) Fedde	1	0,02
73	<i>Dodonaea viscosa</i> Jacq.	228	3,46
74	<i>Drymaria ovata</i> Humb. & Bonpl. ex Schult.	13	0,20
75	<i>Duranta triacantha</i> Juss.	126	1,91
76	<i>Echeveria quitensis</i> (Kunth) Lindl.	25	0,38
77	<i>Ephedra</i> L.	2	0,03
78	<i>Epidendrum jamiesonis</i> Rchb. f.	5	0,08
79	<i>Eragrostis condensata</i> (J. Presl) Steud.	9	0,14
80	<i>Eragrostis lurida</i> J. Presl	16	0,24
81	<i>Eragrostis</i> sp1	1	0,02
82	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	9	0,14
83	<i>Evolvulus argyreus</i> Choisy	157	2,38
84	<i>Fleischmannia obscurifolia</i> (Hieron.) R.M. King & H. Rob.	13	0,20
85	<i>Furcraea andina</i> Trel.	11	0,17
86	<i>Gaiadendron punctatum</i> (Ruiz & Pav.) G. Don	7	0,11
87	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	24	0,36
88	<i>Gaya gaudichaudiana</i> A. St.-Hil.	30	0,46
89	<i>Gaya hermannioides</i> Kunth	6	0,09
90	<i>Gaya</i> sp.	9	0,14
91	<i>Gnaphalium dombeyanum</i> DC.	11	0,17
92	<i>Gnaphalium elegans</i> Kunth	1	0,02
93	<i>Guilleminea densa</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Moq.	3	0,05
94	<i>Hydrocotyle bonplandii</i> A. Rich.	28	0,43
95	<i>Hydrocotyle</i> sp1	13	0,20
96	<i>Hyptis eriocephala</i> Benth	86	1,31
97	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	22	0,33
98	<i>Kalanchoe daigremontiana</i> Raym.-Hamet & H. Perrier	16	0,24
99	<i>Lamourouxia virgata</i> Kunth	71	1,08
100	<i>Lantana rugulosa</i> Kunth	91	1,38
101	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.) R. Br.	24	0,36

N°	Especies	FA (%)	FR (%)
102	<i>Lepechinia betonicifolia</i> (Lam.) Epling	1	0,02
103	<i>Leptochloa dubia</i> (Kunth) Nees	36	0,55
104	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	6	0,09
105	<i>Lupinus pubescens</i> Benth.	7	0,11
106	<i>Lycianthes lycioides</i> (L.) Hassl.	2	0,03
107	<i>Lycurus phalaroides</i> Kunth	25	0,38
108	<i>Malva</i> sp1	6	0,09
109	<i>Mecardonia procumbens</i> (Mill.) Small	3	0,05
110	<i>Medicago sativa</i> L.	4	0,06
111	<i>Miconia papillosa</i> (Desr.) Naudin	9	0,14
112	<i>Mimosa albida</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	90	1,37
113	<i>Mimosa quitensis</i> Benth.	198	3,01
114	<i>Minthostachys mollis</i> (Kunth) Griseb.	61	0,93
115	<i>Monnina phillyreoides</i> (Bonpl.) B. Eriksen	1	0,02
116	<i>Muhlenbergia rigida</i> (Kunth) Kunth	2	0,03
117	<i>Myrcianthes rhopaloides</i> Kunth	6	0,09
118	<i>Nassella inconspicua</i> (J. Presl) Barkworth	16	0,24
119	<i>Nassella mucronata</i> (Kunth) R.W. Pohl	12	0,18
120	<i>Nassella</i> sp1	329	5,00
121	<i>Onoseris hyssopifolia</i> Kunth	139	2,11
122	<i>Opuntia cylindrica</i> (Lam.) DC.	5	0,08
123	<i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.	2	0,03
124	<i>Opuntia pubescens</i> J.C. Wendl. ex Pfeiff.	10	0,15
125	<i>Opuntia soederstromiana</i> Britton & Rose	16	0,24
126	<i>Oxalis corniculata</i> L.	35	0,53
127	<i>Oxalis latifolia</i> Kunth	80	1,22
128	<i>Oxalis peduncularis</i> Kunth	19	0,29
129	<i>Pappobolus ecuadoriensis</i> Panero	3	0,05
130	<i>Pappophorum pappiferum</i> (Lam.) Kuntze	165	2,51
131	<i>Paspalum bonplandianum</i> Flügge	44	0,67
132	<i>Passiflora ligularis</i> Juss.	3	0,05
133	<i>Passiflora tripartita</i> (Juss.) Poir.	3	0,05
134	<i>Pelargonium × hortorum</i> L.H. Bailey	5	0,08
135	<i>Pellaea ovata</i> (Desv.) Weath.	2	0,03
136	<i>Pellaea ternifolia</i> (Cav.) Link	62	0,94
137	<i>Pennisetum clandestinum</i> Hochst. ex Chiov.	44	0,67
138	<i>Peperomia galioides</i> Kunth	17	0,26
139	<i>Phaedranassa dubia</i> (Kunth) J.F. Macbr.	55	0,84
140	<i>Phoradendron trianae</i> Eichler	3	0,05
141	<i>Pilea microphylla</i> (L.) Liebm.	73	1,11
142	<i>Piper barbatum</i> Kunth	6	0,09
143	<i>Plantago lanceolata</i> L.	28	0,43
144	<i>Plantago major</i> L.	4	0,06
145	<i>Pleopeltis macrocarpa</i> (Bory ex Willd.) Kaulf.	1	0,02
146	<i>Pleopeltis thyssanolepis</i> (A. Braun ex Klotzsch) E.G. Andrews & Windham	24	0,36
147	<i>Polygala paniculata</i> L.	10	0,15
148	<i>Polypodium murorum</i> Hook.	2	0,03
149	<i>Polypodium</i> L.	2	0,03
150	<i>Polytrichum</i> sp.	17	0,26
151	<i>Prunus serotina</i> Ehrh.	1	0,02
152	<i>Puya aequatorialis</i> André	39	0,59
153	<i>Racinaea fraseri</i> (Baker) M.A. Spencer & L.B. Sm.	1	0,02

N°	Especies	FA (%)	FR (%)
154	<i>Rhynchelytrum repens</i> (Willd.) C.E. Hubb.	14	0,21
155	<i>Rubus glaucus</i> Benth.	8	0,12
156	<i>Salvia</i> L.	5	0,08
157	<i>Salvia quitensis</i> Benth.	17	0,26
158	<i>Salvia sagittata</i> Ruiz & Pav.	38	0,58
159	<i>Schkuhria pinnata</i> (Lam.) Kuntze ex Thell.	2	0,03
160	<i>Selaginella peruviana</i> (Milde) Hieron.	78	1,18
161	<i>Setaria cernua</i> Kunth	39	0,59
162	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguélen	19	0,29
163	<i>Setaria</i> P. Beauv.	71	1,08
164	<i>Sida poeppigiana</i> (K. Schum.) Fryxell	2	0,03
165	<i>Sida rhombifolia</i> L.	31	0,47
166	<i>Sida</i> sp1	1	0,02
167	<i>Smallanthus fruticosus</i> (Benth.) H. Rob.	1	0,02
168	<i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti	12	0,18
169	<i>Solanum nigrum</i> L.	5	0,08
170	<i>Solanum radicans</i> L. f.	4	0,06
171	<i>Solanum</i> L.	4	0,06
172	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	4	0,06
173	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.	7	0,11
174	<i>Sporobolus</i> R. Br.	12	0,18
175	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	2	0,03
176	<i>Tagetes filifolia</i> Lag.	4	0,06
177	<i>Tagetes minuta</i> L.	25	0,38
178	<i>Tagetes multiflora</i> Kunth	4	0,06
179	<i>Tagetes</i> L.	2	0,03
180	<i>Talinum paniculatum</i> (Jacq.) Gaertn.	4	0,06
181	<i>Taraxacum dens-leonis</i> Desf.	15	0,23
182	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	3	0,05
183	<i>Taraxacum</i> sp1	6	0,09
184	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	3	0,05
185	<i>Tillandsia incarnata</i> Kunth	22	0,33
186	<i>Tillandsia lajensis</i> André	6	0,09
187	<i>Tillandsia recurvata</i> (L.) L.	76	1,15
188	<i>Tillandsia secunda</i> Kunth	11	0,17
189	<i>Tribulus terrestris</i> L.	1	0,02
190	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	17	0,26
191	<i>Trifolium pratense</i> L.	7	0,11
192	<i>Vachellia macracantha</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Seigler & Ebinger	68	1,03
193	<i>Verbascum thapsus</i> L.	19	0,29
194	<i>Verbena litoralis</i> Kunth	2	0,03
195	<i>Vigna</i> Savi	36	0,55
196	<i>Zornia diphylla</i> (L.) Pers.	29	0,44

Anexo 6. Índice de Shannon ajustado (H^a) con los intervalos de confianza al 95% para todo el ecosistema xerofítico y para cada transecto.

TODOS LOS TRANSECTOS	H^a	LI- LS	NÚMERO EFECTIVO DE ESPECIES
Total	4,35	4,29-4,43	77,19

TRANSECTO	H^a	LI-LS	NÚMERO EFECTIVO DE ESPECIES
29	3,42	3,07-3,36	30,56
12	3,30	2,99-3,28	27,17
33	3,27	2,96-3,24	26,19
39	3,26	2,93-3,22	26,07
23	3,23	2,83-3,17	25,32
66	3,18	2,95-3,18	23,99
67	3,12	2,90-3,11	22,67
61	3,09	2,74-3,07	22,06
37	3,09	2,73-3,07	21,96
20	3,08	2,85-3,07	21,70
49	3,07	2,75-3,05	21,61
69	3,07	2,75-3,06	21,60
68	3,03	2,74-3,04	20,63
11	3,02	2,79-3,03	20,57
36	3,00	2,60-2,98	20,09
38	3,00	2,65-2,99	20,06
21	2,99	2,71-2,98	19,96
65	2,99	2,62-2,94	19,90
60	2,98	2,68-2,98	19,64
34	2,97	2,65-2,96	19,45
19	2,97	2,66-2,97	19,43
77	2,96	2,75-2,96	19,28
70	2,95	2,72-2,94	19,15
13	2,94	2,61-2,93	18,93
63	2,93	2,52-2,91	18,81
27	2,93	2,49-2,92	18,76
3	2,93	2,56-2,93	18,70
26	2,93	2,58-2,92	18,68
47	2,91	2,59-2,89	18,39
40	2,90	2,58-2,90	18,15
62	2,88	2,48-2,89	17,86
72	2,88	2,71-2,88	17,80
17	2,87	2,47-2,87	17,55
58	2,86	2,56-2,88	17,41
35	2,83	2,55-2,84	17,03
1	2,83	2,47-2,83	17,01
31	2,81	2,59-2,81	16,62
76	2,81	2,57-2,80	16,55
28	2,80	2,46-2,80	16,50
16	2,79	2,47-2,80	16,33
41	2,78	2,48-2,79	16,15
73	2,78	2,50-2,78	16,10
46	2,77	2,44-2,79	16,02
45	2,77	2,43-2,79	15,94
18	2,77	2,53-2,77	15,91

TRANSECTO	H^a	LI-LS	NÚMERO EFECTIVO DE ESPECIES
15	2,76	2,36–2,78	15,80
44	2,76	2,43–2,77	15,75
32	2,75	2,46–2,75	15,67
52	2,75	2,40–2,77	15,65
71	2,75	2,51–2,76	15,63
42	2,75	2,46–2,77	15,57
7	2,73	2,45–2,74	15,27
30	2,72	2,33–2,73	15,22
43	2,70	2,37–2,73	14,87
22	2,70	2,34–2,72	14,84
10	2,70	2,46–2,70	14,82
50	2,69	2,43–2,69	14,80
48	2,64	2,17–2,65	14,01
59	2,63	2,23–2,65	13,83
53	2,60	2,22–2,61	13,50
55	2,60	2,25–2,63	13,48
9	2,59	2,22–2,61	13,31
5	2,58	2,38–2,58	13,15
54	2,54	2,13–2,58	12,69
25	2,53	2,16–2,59	12,54
75	2,50	2,19–2,54	12,16
80	2,36	2,11–2,41	10,60
14	2,36	2,01–2,44	10,56
74	2,34	2,05–2,38	10,34
51	2,32	2,00–2,35	10,20
78	2,29	2,07–2,35	9,92
6	2,29	1,98–2,36	9,85
56	2,26	1,86–2,22	9,54
24	2,23	1,97–2,28	9,28
79	2,18	1,85–2,26	8,87
64	2,14	1,66–2,22	8,48
2	2,07	1,83–2,11	7,96
4	1,96	1,65–2,04	7,09
57	1,86	1,42–1,96	6,44
8	1,63	1,34–1,73	5,09

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Alex Roberto Cabrera Carpio, C.I. 171193037-8 autor del trabajo de graduación intitulado: "Diversidad, fragmentación y niveles de amenaza del ecosistema xerofítico en el Distrito Metropolitano de Quito, con énfasis en el potencial corredor Tropi-Andino", previa a la obtención del grado académico de **MAGÍSTER EN BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN** en la **Facultad de Ciencias Exactas y Naturales**:

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Quito, 08 de mayo de 2015

Alex Roberto Cabrera Carpio

171193037-8