

UNIVERSIDAD PERUANA CAYETANO HEREDIA
FACULTAD DE CIENCIAS Y FILOSOFÍA
“ALBERTO CAZORLA TALLERÍ”



**Rol de los microhabitats generados por las
especies leñosas en los patrones de diversidad de
especies del banco de semillas del bosque seco del
norte peruano**

AUTOR:

OSCAR MARTIN HEEREN DIAZ

TESIS PARA OPTAR POR EL TITULO DE LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Lima-Perú

2021

ASESOR:

Dr. Wilfredo Gonzáles Lozada

CO-ASESOR:

MSc. Henry De La Cruz Carbajal

Agradecimientos

Primero quisiera agradecer a mi asesor el Dr. Wilfredo Gonzáles Lozada por darme la oportunidad de realizar este trabajo con él y por todo el apoyo, paciencia y enseñanzas. También quisiera agradecer a mi otro asesor, Henry De La Cruz Carbajal por la ayuda constante, la paciencia y todos los consejos durante este proceso.

También quiero dedicar esta tesis a mis padres, dos personas muy importantes que me han apoyado desde los inicios de mi carrera y gracias a ellos he logrado lo que soy ahora. Agradezco también a mis hermanos, a Paula y a mis amigos por todo el apoyo y motivación durante toda la carrera y durante la elaboración de este trabajo. Finalmente quiero agradecer a David Valqui y Alejandra Lozano por toda su ayuda en estos últimos dos años.

Agradezco al proyecto “Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas” (Contrato 011-Fincyt-PIBAP 2007), por proporcionarme la base de datos e información necesaria para realizar la presente tesis de licenciatura.

Índice

I.	Introducción.....	1
II.	Pregunta de Investigación.....	5
III.	Objetivos.....	5
IV.	Materiales y Métodos.....	6
	1. Diseño experimental.....	6
	2. Banco de semillas.....	10
	3. Separación y limpieza de semillas.....	10
	4. Identificación y almacenamiento de semillas.....	10
	5. Base de datos original.....	10
	6. Limpieza de la base de datos.....	11
V.	Análisis de Datos.....	12
VI.	Resultados.....	13
	1. Análisis florístico del banco de semillas.....	13
	2. Diversidad alfa de los bancos de semillas.....	13
	3. Diversidad beta de los bancos de semillas.....	16
	4. Análisis de ordenamiento PCoA, utilizando el criterio de Bray-Curtis..	16
VII.	Discusión.....	28
VIII.	Conclusiones.....	34
IX.	Bibliografía.....	35
X.	Anexos.....	40

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa del departamento de Piura indicando con un rectángulo las zonas de trabajo: Chulucanas, Catacaos. Se muestran las parcelas utilizadas en cada zona (Chulucanas - puntos rojos, Catacaos – puntos morados) según la metodología del proyecto “Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas”

Figura 2. Esquema del diseño experimental elaborado a partir de la base de datos del proyecto original. Se muestra los factores año (2008, 2009), zonas (Chulucanas, Catacaos) y microhabitats (M1: *C. scabridum*, M2: *P. juliflora*, M3: *C. lutea*, M4: *Acacia sp.*, M5: espacios sin vegetación). Los cuadros azules representan los sitios (parcelas) donde se ubican los microhabitats para el muestreo.

Figura 3. Especies leñosas dominantes en dos localidades (Catacaos, Chulucanas) del bosque seco de Piura. A: árbol *C. scabridum* “sapote”, B: árbol *P. juliflora* “algarrobo”, C: arbusto *C. lutea* “overo” y D: arbusto *Acacia sp.*

Figura 4. A) Porcentaje de familias según el número de especies encontradas en la evaluación de los bancos de semillas en el suelo de dos zonas del bosque seco en el norte peruano (Chulucanas – Catacaos) durante los años 2008 – 2009. B) Porcentaje de especies de semillas anuales y perennes registradas en los bancos de semillas del suelo de dos zonas de Chulucanas y Catacaos, durante los años 2008 – 2009.

Figura 5. Especies en los bancos de semillas bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas del bosque seco en el norte de Perú (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el porcentaje de semillas de las cinco especies más abundantes, y el porcentaje de semillas de las especies menos abundantes se agruparon en la categoría “otros”.

Figura 6. Comparación de la riqueza de especies y la densidad de semillas en los suelos bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008

y 2009. Se muestra el promedio \pm error estándar. Letras diferentes representan diferencias significativas entre los promedios (ANOVA, con un test a posteriori de comparaciones múltiples LSD de Fisher).

Figura 7. Comparación de los índices de Dominancia, Shannon y Berger-Parker, en los suelos bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas del bosque seco (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el promedio \pm error estándar. (ANOVA, con un test a posteriori de comparaciones múltiples LSD de Fisher).

Figura 8. Representación de los microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas (Chulucanas, Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el promedio \pm error estándar.

Figura 9. Comparación de los valores de la coordenada 1 del PCoA utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis en los suelos bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas (Chulucanas, Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el promedio \pm error estándar. (ANOVA, con un test a posteriori de comparaciones múltiples LSD de Fisher).

Índice de Tablas

Tabla 1. ANOVA Factorial de los índices de diversidad alfa. Valores significativos se muestran en negrita: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.0001$.

Tabla 2. Comparación entre los índices de diversidad alfa (Riqueza de especies, Índice de Dominancia, Índice de Shannon, Índice de Berger-Parker) y la Densidad de semillas bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009 mostrando el promedio + error estándar.

Tabla 3. Resumen sobre el análisis de la diversidad alfa de los bancos de semillas en los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas y espacios sin vegetación, en dos zonas (Chulucanas y Catacaos) del bosque seco en el norte peruano durante los años 2008-2009. Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*.

Tabla 4. ANOVA Factorial del PCoA utilizando el índice de similitud Bray-Curtis. Valores significativos se muestran en negrita: ** $p < 0.01$, *** $p < 0.0001$.

Resumen

Los bancos de semillas, conformados por todas las semillas viables enterradas en el suelo, se caracterizan por tener alta variabilidad espacial y temporal, particularmente en ecosistemas áridos. Diversos estudios han reportado que el microhabitat formado por el dosel de especies leñosas puede generar condiciones microclimáticas favorables para el reclutamiento de semillas. Sin embargo, pocos estudios han evaluado el rol de éstos microhabitats sobre los bancos de semillas en ecosistemas áridos peruanos. En esta tesis se evaluó la influencia del microhabitat formado por el dosel de las especies leñosas dominantes (*Colicodendron scabridum*, *Prosopis juliflora*, *Cordia lutea* y *Acacia sp.*) sobre los patrones de diversidad (alfa y beta) de especies del banco de semillas en el suelo de dos zonas del bosque seco del norte peruano (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009. En total se encontraron 74 morfoespecies, 65 durante el año 2008 (37 en Chulucanas y 57 en Catacaos) y 40 durante el año 2009 (23 en Chulucanas y 34 en Catacaos). En relación a la diversidad alfa, el año 2008 fue más diverso que el año 2009, siendo Catacaos más diverso comparado con Chulucanas en ambos años. En general, la diversidad fue mayor (i.e., mayor riqueza e índice de Shannon, menor dominancia e índice de Berger-Parker) en los espacios bajo el dosel de las especies leñosas que en el espacio sin vegetación, siendo mayor en los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea*, comparado con el arbusto *Acacia sp.* En relación a la diversidad beta, en el año 2008 la composición de especies de los bancos de semillas fue diferente entre Chulucanas y Catacaos, siendo en ambas zonas mayor el agrupamiento (i.e., mayor similitud) entre el espacio sin vegetación y el arbusto *Acacia sp.*, como también entre los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea*. En contraste, en el año 2009, la composición de especies de los bancos de semillas fue similar entre Chulucanas y Catacaos, siendo similares los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación de ambas zonas. La presente tesis permitirá valorar más las especies leñosas por su potencial rol en mantener la diversidad de especies en el bosque seco del norte peruano y contribuirá a generar eficientes planes de conservación.

Palabras clave:

Banco de semillas, Microhabitat, Bosque seco, Patrones de diversidad, Especies leñosas.

Abstract

The soil seed banks, made-up by all viable seeds buried underground, are characterized by having high spatial and temporal variability, especially in arid ecosystems. Multiple studies have found that the microhabitat generated by woody plant species canopies can generate optimal conditions for seed recruitment. However, few studies have focused on the effect these microhabitats have over seed banks in arid Peruvian ecosystems. The present work examined the effect of microhabitats generated by dominant woody plant species canopies (*Colicodendron scabridum*, *Prosopis juliflora*, *Cordia lutea* y *Acacia sp.*) on the soil seed banks' alpha and beta diversity patterns in two localities (Catacaos y Chulucanas) of the Peruvian dry forest, in the years 2008 and 2009. In total, 74 morphospecies were found, 65 during the year 2008 (37 in Chulucanas and 57 in Catacaos) and 40 during 2009 (23 in Chulucanas and 34 in Catacaos). In relation to alpha diversity, the year 2008 had a higher diversity than the year 2009, while Catacaos was more diverse than Chulucanas in both years. In general, diversity was higher (i.e., higher species richness and Shannon index, lower dominance and Berger-Parker index) under the canopy of woody plant species in comparison with open areas, being higher in the microhabitats formed by the canopy of the trees *P. juliflora* and *C. scabridum* and the shrub *C. lutea*, in comparison with the shrub *Acacia sp.* In relation to beta diversity, in the year 2008, the species composition of the seed banks was different between Chulucanas and Catacaos, while the grouping was higher between the open area and the shrub *Acacia sp.*, as well as between the trees *P. juliflora*, *C. scabridum* and the shrub *C. lutea*. In contrast, in the year 2009, the species composition of the seed banks was similar between Chulucanas and Catacaos, with a high similarity between the microhabitats formed by the canopy of the trees *P. juliflora*, *C. scabridum*, the shrubs *Acacia sp.*, *C. lutea* and the open areas in both localities. The present work will allow for a better appreciation of woody plant species due to their potential effect in maintaining the species diversity in the Peruvian dry forest and will contribute in the creation of efficient conservation plans.

Key words

Soil seed bank, Microhabitat, Dry forest, Pattern diversity, Woody species.

I. Introducción

Los bancos de semillas se definen como el total de semillas viables enterradas en el suelo en un lugar y periodo particular (Wang et al., 2010). En los ecosistemas áridos y semiáridos, el banco de semillas es un componente importante para el mantenimiento de la biodiversidad de sus plantas principalmente anuales y efímeras (Sotomayor & Gutiérrez., 2015; Gomaa, 2014; DeMalach et al. 2021). Las semillas enterradas pueden ser resultado de una baja germinación provocada por las condiciones ambientales estresantes (i.e., sequía, alta temperatura, radiación solar extrema) (Sotomayor & Gutiérrez., 2015). En estos ambientes secos los bancos de semillas se caracterizan por tener una alta variabilidad temporal y espacial; consecuentemente, la diversidad de sus especies puede variar significativamente entre diferentes sitios y periodos (Wang et al., 2010; Sotomayor & Gutiérrez., 2015; Gomaa, 2014). Entre los componentes de la diversidad de especies se encuentran la diversidad alfa y beta (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). La diversidad alfa es la riqueza de especies en un ambiente particular considerado homogéneo (i.e., hábitat, comunidad, localidad), mientras que la diversidad beta es el nivel de cambio o reemplazo en la composición de especies entre diferentes ambientes (i.e., hábitats, comunidades, gradientes ambientales) (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). Por lo tanto, la diversidad alfa permite evaluar la composición de especies en un ambiente individual, mientras que la diversidad beta permite realizar comparaciones entre la composición de especies de diferentes ambientes a través de su recambio (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). Una de las formas más frecuente para estimar la diversidad alfa es mediante la riqueza de especies (número de especies en un ambiente individual), sin embargo, esto no permite evaluar completamente la diversidad alfa del ambiente. Para esto se utilizan diversos índices, por ejemplo: el índice de Shannon que permite evaluar la equitabilidad (uniformidad entre las poblaciones de cada especie), el índice de Dominancia que permite evaluar la relación entre la especie dominante con el resto de especies o el índice de Berger-Parker que brinda datos acerca de la dominancia y equitabilidad (Moreno, 2001). Estos índices se complementan con la riqueza de especies para brindar una buena representación de la diversidad alfa en un ambiente individual. El análisis de los componentes alfa y beta en un ecosistema permite entender los mecanismos que pueden mantener la biodiversidad de plantas (Moreno, 2001; Tukiainen et al., 2019), particularmente en ambientes heterogéneos como los ecosistemas áridos y semiáridos que tienen grandes variaciones topográficas y climáticas (Whitford, 2019). Por ejemplo, se ha

documentado que los patrones de diversidad de los bancos de semillas en el suelo pueden variar dependiendo de los diferentes microhabitats formados en los ecosistemas áridos (Wang et al., 2010; Filazzola et al., 2019), incrementando la probabilidad de regenerar o mantener la biodiversidad de plantas frente a los factores estresantes como la restricción hídrica y temperaturas extremas (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016).

El microhabitat es un área de menor tamaño que se encuentra dentro de un hábitat pero difiere en sus condiciones ambientales específicas (Peralta et al., 2016; Hugget, 2004). Los microhabitats pueden favorecer el reclutamiento y germinación de semillas como también el establecimiento de las plantas mediante diferentes mecanismos (Farrell et al., 2011; Fowler, 1988). Por ejemplo al incrementar la disponibilidad de agua, que facilita la germinación y el reclutamiento de animales dispersores, al disminuir la temperatura y radiación solar extrema que facilita el establecimiento de plantas anuales, y al modificar el movimiento del viento que facilita la captura de semillas transportadas a través de este (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016, Marone et al., 2004). Entre los diferentes tipos de microhabitats está el formado por el dosel de especies leñosas (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016). Se ha reportado en diversos estudios que los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas influyen positivamente sobre la diversidad de especies de los bancos de semillas, particularmente en ambientes áridos y semiáridos (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016; Marone et al., 2004). El dosel formado por especies leñosas puede disminuir la temperatura y la radiación solar extrema sobre el suelo, modificar la dirección del viento e incrementar la calidad del suelo (nutrientes y disponibilidad de agua) (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016). Como resultado se genera un microhabitat más favorable que facilita el reclutamiento de plantas y animales (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016; Marone et al., 2004) e influye de manera directa e indirecta sobre la diversidad de especies de los bancos de semillas (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Marone et al., 2004). De manera directa, puede actuar como barrera, atrapando semillas transportadas por el viento y el agua, acumulando más semillas en el suelo (Filazzola et al., 2019). Indirectamente puede acumular más semillas en el suelo mediante el establecimiento de plantas anuales que producen sus semillas dentro del microhabitat (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Marone et al., 2004) o actuando como lugar de reposo para animales dispersores o consumidores de semillas

(Filazzola et al., 2019). Si bien existen diversos estudios que evalúan el efecto de los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas sobre la diversidad de especies de los bancos de semillas en ecosistemas áridos y semiáridos (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016; Marone et al., 2004), son pocos los estudios que evalúan esto en ecosistemas áridos peruanos, como es el caso del bosque seco del norte peruano.

El bosque seco del norte peruano se caracteriza por presentar condiciones áridas estresantes principalmente por la variación en su temperatura (mínimo de 22°C hasta un máximo de 35°C) y escasa precipitación, siendo la temporada de lluvia entre los meses de enero y abril (Linares-Palomino, 2006). La precipitación en el bosque seco también tiene variabilidad interanual muy marcada influenciada por el Fenómeno del Niño (ENSO), teniendo años con precipitaciones de 5 mm hasta años con 1600 mm (Linares-Palomino, 2006). El incremento de la precipitación influencia las fases de germinación, reclutamiento de plántulas, crecimiento y reproducción de la vegetación (Linares-Palomino, 2006). Adicionalmente, los bosques secos muestran algunas especies leñosas (árboles y arbustos) predominantes (Linares-Palomino, 2006). Las especies leñosas más comunes en los bosques secos del norte peruano son el algarrobo (*Prosopis juliflora*), sapote (*Colicodendron scabridum*), overo (*Cordia lutea*) y acacia (*Acacia sp.*) (Linares-Palomino, 2006; Leal-Pinero & Linares-Palomino, 2005). Similar a otros estudios (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang., 2016), el dosel de especies leñosas predominantes en los bosques secos del norte peruano pueden modificar las condiciones ambientales y formar microhabitats. Se ha demostrado que ciertos factores abióticos varían entre los microhabitats formados por el dosel de las especies leñosas mencionadas y espacios sin vegetación (Anexo 1). Es probable que los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas pueden facilitar el reclutamiento de semillas en los bosques seco del norte peruano, al disminuir la temperatura extrema que inhibe la germinación de semillas, al evitar la radiación fotosintéticamente activa en niveles extremos que puede generar estrés oxidativo en las plántulas y aumentar la disponibilidad de agua y nutrientes que favorece el crecimiento de las plantas (Whitford, 2019; Szymanska et al., 2017, Lambers et al, 2008).

El ecosistema de bosque seco en el norte peruano se considera un ambiente muy importante por ser una fuente de recursos genéticos y ambientales (i.e., ganadería, xxagricultura) (Leal-Pinero & Linares-Palomino, 2005; Rodríguez & Álvarez, 2005). Sin

embargo, actualmente se considera un ambiente amenazado como resultado de los pocos planes de manejo y conservación para mediar la sobreexplotación de recursos, principalmente de especies leñosas (i.e., tala excesiva e ilegal) (Leal-Pinero & Linares-Palomino, 2005; Rodríguez & Álvarez, 2005). El presente trabajo evaluará el potencial rol que tienen los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas del bosque seco del norte peruano sobre la diversidad de especies de los bancos de semillas en el suelo. Este trabajo ayudará en la elaboración de mejores planes de manejo y conservación que permiten mantener la diversidad del bosque seco peruano al proteger a las especies leñosas teniendo como evidencia el rol que cumplen en este ambiente. Se evaluarán los patrones de diversidad de especies tanto alfa (Riqueza de especies, Índice de Dominancia, Índice de Shannon, Índice de Berger-Parker) como beta (PCoA, nMDS) del banco de semillas bajo la influencia de los microhabitats formados por el dosel de las especies leñosas *P. juliflora*, *C. scabridum*, *C. lutea* y *Acacia sp*, como también en espacios sin vegetación, en dos zonas del bosque seco del norte peruano (Chulucanas y Catacaos) durante los años 2008 - 2009. Las zonas corresponden a dos distritos del departamento de Piura representativos del bosque seco peruano: Chulucanas y Catacaos. Además, ambos distritos comparten las mismas especies leñosas dominantes por lo que ayudaría a entender si los efectos de los microhabitats sobre los bancos de semillas son consistentes (Linares-Palomino, 2006; Zorogastúa et al., 2011). Este trabajo corresponde al análisis e interpretación de datos obtenidos en el marco del proyecto “Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas” (Contrato 011-Fincyt-PIBAP 2007).

II. Pregunta de investigación

- ¿Los microhabitats (formados por el dosel de árboles y arbustos) influyen sobre los patrones de diversidad de especies del banco de semillas en el bosque seco del norte peruano?

III. Objetivos

Objetivo General

- Determinar la influencia del dosel formado por especies leñosas (*Prosopis juliflora*, *Colicodendron scabridum*, *Cordia lutea*, *Acacia sp.*) sobre los patrones de diversidad de especies (alfa y beta) de los bancos de semillas en dos zonas del bosque seco peruano (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 – 2009.

Objetivos específicos

- Determinar los patrones de diversidad alfa en los bancos de semillas asociados a los diferentes microhabitats formados por el dosel de especies leñosas predominantes en las zonas Catacaos y Chulucanas en los años 2008-2009.
- Determinar los patrones de diversidad beta en los bancos de semillas asociados a los diferentes microhabitats formados por el dosel de especies leñosas predominantes entre las zonas Catacaos y Chulucanas en los años 2008-2009.

IV. Materiales y métodos

La presente tesis comprende el procesamiento y análisis de datos obtenidos durante la ejecución del proyecto: “Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas” (Contrato 011-Fincyt-PIBAP 2007) (Anexo 2). En consecuencia, presentamos la metodología utilizada en el proyecto para el registro de los datos y el procesamiento-análisis de datos realizado en esta tesis.

Diseño experimental

Para evaluar el efecto del microhabitat generado por el dosel de las especies leñosas sobre el banco de semillas del suelo, se colectaron muestras de suelo en el bosque seco de Piura-Perú, específicamente en los distritos de Chulucanas y Catacaos (Fig. 1) durante el mes de noviembre de los años 2007 y 2008. Las muestras de suelo fueron colectadas en el mes de noviembre para tener una representación de los bancos de semillas que estarán presentes al iniciar el año 2008 y 2009. En la colecta del año 2008, se emplearon 4 parcelas (sitios) para la provincia de Chulucanas y 5 para Catacaos (Fig. 2). Mientras que en el año 2009, se emplearon 3 parcelas para Chulucanas y 5 para Catacaos (Figura 2). La diferencia en el número de parcelas se debió a problemas con el acceso al terreno (i.e., actividades agrícolas o acceso bloqueado). En cada parcela se identificaron 5 microhabitats: (1) Espacios sin vegetación, (2) Bajo el dosel de *Colicodendron scabridum*, (3) Bajo el dosel de *Prosopis juliflora*, (4) Bajo el dosel de *Cordia lutea*, y (5) Bajo el dosel de *Acacia sp.* (Fig. 3)

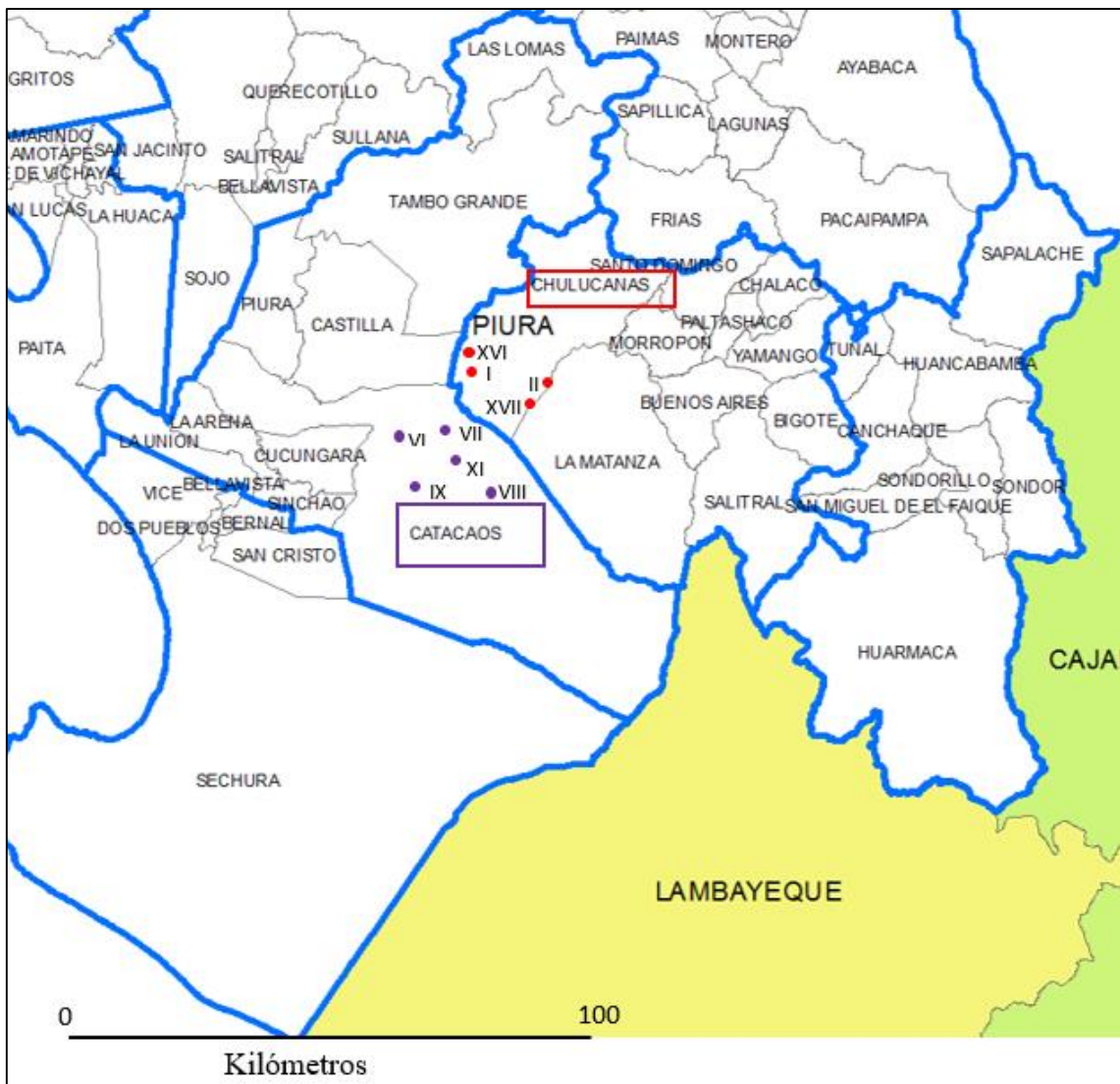


Figura 1. Mapa del departamento de Piura indicando con un rectángulo las zonas de trabajo: Chulucanas, Catacaos. Se muestran las parcelas utilizadas en cada zona (Chulucanas - puntos rojos, Catacaos – puntos morados) según la metodología del proyecto “Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas”

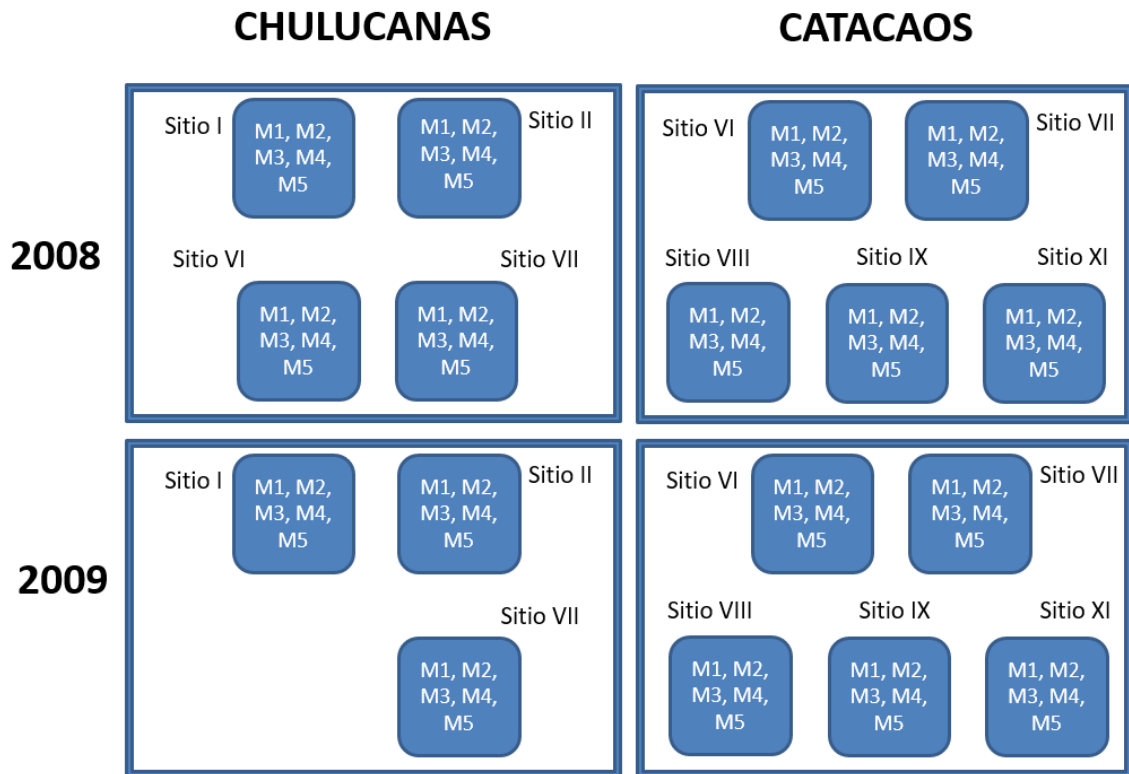


Figura 2. Esquema del diseño experimental elaborado a partir de la base de datos del proyecto original. Se muestra los factores año (2008, 2009), zonas (Chulucanas, Catacaos) y microhabitats (M1: *C. scabridum*, M2: *P. juliflora*, M3: *C. lutea*, M4: *Acacia sp*, M5: espacios sin vegetación). Los cuadros azules representan los sitios (parcelas) donde se ubican los microhabitats para el muestreo.

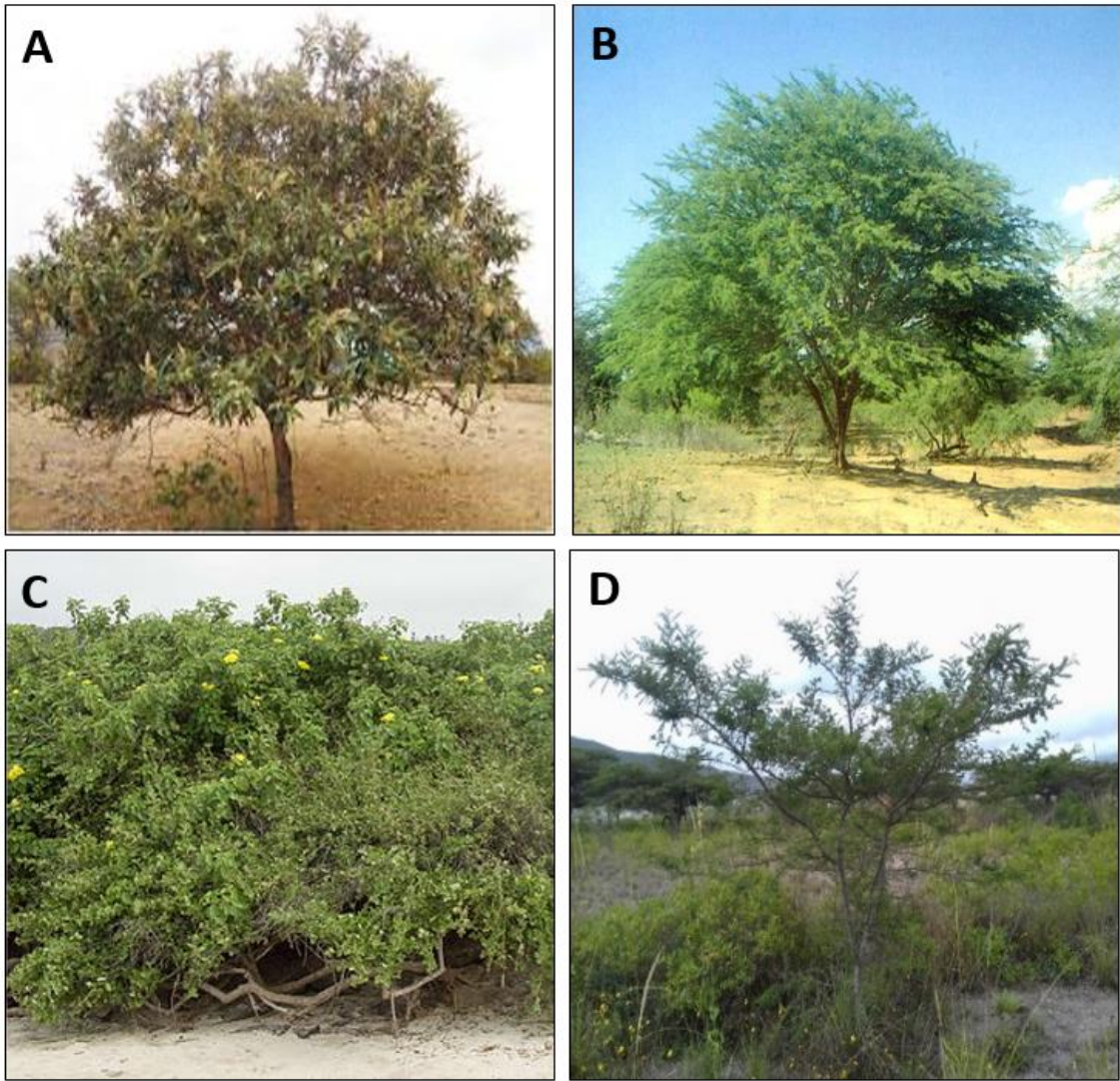


Figura 3. Especies leñosas dominantes en dos localidades (Catacaos, Chulucanas) del bosque seco de Piura. A: árbol *C. scabridum* “sapote”, B: árbol *P. juliflora* “algarrobo”, C: arbusto *C. lutea* “overo” y D: arbusto *Acacia* sp.

Banco de semillas

En cada microhabitat se colocó un cuadrante de 1m x 1m y se colectaron muestras de suelo dentro de cada cuadrante para obtener los bancos de semillas en cada microhabitat. Las muestras de suelo fueron colectadas con un barreno de 5cm de diámetro x 5cm de profundidad (200cm³ aproximadamente) de las esquinas y el centro del cuadrante para cubrir el largo máximo del área delimitada (Kalin et al., 1999). Las muestras de suelos por cada cuadrante fueron almacenadas en una bolsa ziploc, considerándose una réplica por cada microhabitat. En total se realizaron 12 réplicas por cada microhabitat. Luego, fueron rotuladas con el código que indica año, zona, parcela, microhabitat y número de réplica (ej. 08-CH-I-OV-12). Finalmente, se transportaron en cajas de plástico hacia el laboratorio de Ecología Evolutiva en la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

Separación y limpieza de semillas

Por cada muestra total (réplica) de tierra colectada por microhabitat, se pesaron 50 g. que posteriormente fue tamizada usando una serie de 3 tamices de diferentes diámetros (1.0mm, 0.5mm, 0.35mm). Las muestras en el tamiz menor (0.35mm) fueron colocadas en un matraz de 250mL para ser disueltas con una solución salina. Luego de precipitar por algunos minutos, se extrajo el sobrenadante que contenía semillas, se lavó sobre un papel filtro con agua destilada y se dejó secar en el ambiente (Reichman, 1984).

Identificación y almacenamiento de semillas

Se identificaron semillas intactas utilizando un estereoscopio electrónico binocular y su viabilidad (presencia del endospermo) fue corroborada mediante una ligera presión con una pinza (Gutiérrez & Meserve, 2003). Para la identificación taxonómica de las semillas, se compararon con semillas extraídas de plantas del lugar de colecta (microhabitats). Se identificaron 70 morfotipos diferentes de semillas y en algunos casos se determinó la categoría taxonómica de especie. Finalmente, las semillas fueron almacenadas en tubos eppendorf y rotuladas con sus respectivos códigos.

Base de datos original

La base de datos utilizada en el actual proyecto proviene de la base de datos generada en base a la metodología del proyecto “Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas” (Anexo 2). La

base de datos del proyecto original contiene 1100 unidades de muestreo donde se registró la cantidad de semillas en cada grupo experimental (años x zonas x sitios x microhabitats x réplicas). Los años corresponden a los períodos 2008-2009. Las zonas corresponden a dos distritos representativos del bosque seco del departamento de Piura en el norte de Perú: Chulucanas y Catacaos. Los sitios corresponden a parcelas de 100 m x 100 m delimitadas dentro de las zonas y distanciadas entre sí en al menos 200 m. Los microhabitats corresponden al dosel formado por una especie leñosa (*C. scabridum*, *P. juliflora*, *C. lutea*, *Acacia sp.*) y a espacios sin vegetación dentro de cada sitio (parcela), teniendo entre 8-12 réplicas (muestras de suelo con semillas) por cada microhabitat.

Limpieza de la base de datos

Para los propósitos de la presente tesis, se generó una matriz de datos resumida (a partir de la matriz original de datos) considerando como unidad de muestreo el promedio de las réplicas de cada microhabitat por cada sitio, obteniendo 85 unidades de muestreo. La base de datos original incluye datos de la localidad de Tambogrande, los cuales fueron retirados, quedando únicamente Catacaos y Chulucanas. Luego se corroboró que todas las especies estén representadas en ambas zonas (Catacaos, Chulucanas), siendo eliminadas las especies que no se registraron en ninguna de las 2 zonas mencionadas previamente. Para los análisis de diversidad alfa y beta, se consideró a los sitios como réplicas. Las variables independientes fueron: año, zona y microhabitat, y la variable dependiente es el promedio de la densidad de semillas por cada una de las morfo-especies identificadas.

V. Análisis de datos

Con el propósito de evaluar los patrones de diversidad de especies del banco de semillas se utilizaron los índices de diversidad alfa y la diversidad beta:

Para medir la diversidad alfa se calculó la riqueza de especies y los índices de dominancia, Shannon, y Berger-Parker usando la matriz construida teniendo como unidad de muestreo el promedio de las réplicas de los microhabitats por cada sitio. Las diferencias entre los índices de diversidad alfa calculados fueron evaluadas mediante un ANOVA factorial teniendo como factores el año (2008, 2009), la zona (Chulucanas y Catacaos) y el microhabitat (*P. juliflora*, *C. scabridum*, *C. lutea*, *Acacia sp.* y espacios sin vegetación). Los resultados del ANOVA nos permitieron evaluar los posibles efectos de los variables estudiadas sobre los índices de diversidad alfa. Cuando se detectaron efectos significativos en el ANOVA, se implementaron pruebas a posteriori (Moreno, 2005). Los análisis fueron realizados utilizando el software Statistic 7.0.

Respecto a la diversidad beta, se generó una matriz de similitud/disimilitud considerando dos índices de distancia: Jaccard y Bray-Curtis. Mientras que el índice de Jaccard (matriz de ausencia /presencia de especie) permite evaluar cambios en la composición de especies entre grupos, el índice de Bray-Curtis permite incorporar también la abundancia relativa de las especies para evaluar cambios entre grupos (Moreno, 2001). Estas matrices se utilizaron para realizar los análisis multivariados que permitieron determinar si existen diferencias a nivel de año, zona y microhabitat. Se implementaron los métodos de ordenamiento: Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) y el Análisis de Coordenadas Principales (PCoA). Estos análisis multivariados nos permiten describir el comportamiento de los datos y visualizar posibles patrones (microhabitats, zonas o años). Para evaluar estadísticamente las posibles diferencias observadas en los ordenamientos (NmDS o PcoA), se implementó un ANOVA de tres factores (microhabitat, zona, año) sobre los puntajes (scores) obtenidos al implementar los análisis de ordenamiento. Cuando se detectaron efectos significativos en el ANOVA, se implementaron pruebas a posteriori. Los análisis fueron realizados utilizando el software Past 3.0.

VI. Resultados

Análisis florístico de los bancos de semillas

Con respecto a la identificación taxonómica, los bancos de semillas en el suelo del bosque seco en las zonas Chulucanas y Catacaos durante los años 2008-2009 fueron compuestos por 74 morfoespecies, de las cuales fueron identificadas 35 especies pertenecientes a 30 géneros y 13 familias taxonómicas (Fig. 4A). Del total de semillas identificadas, el 60 % fueron semillas de plantas anuales y el 40 % de plantas perennes (Fig. 4B). Las familias más abundantes fueron Fabaceae (7 especies) y Amaranthaceae (7 especies). En general, la especie de semilla más dominante en el microhabitat formado por el dosel del arbusto *Acacia sp.* y en espacios sin vegetación fue *Anthephora hermaphrodita* (Poaceae) (Fig. 5). Excepto en la zona Catacaos durante el año 2008, donde *Alternanthera sp.* (Amaranthaceae) fue la primera especie más abundante y *A. hermafrodita*, la segunda más abundante (Fig. 5). Además, el microhabitat formado por el dosel del árbol *C. scabridum* mostró como especie más abundante en su banco de semillas a *Acalypha setosa* (Euphorbiaceae), únicamente en la zonas de Chulucanas durante el año 2009, siendo *A. hermafrodita* la segunda más abundante en este caso. En términos del origen de la composición del banco de semillas, se encontró que solo 2 de las 35 especies identificados fueron de origen exótico: *Physalis angulata* (Solanaceae) y *Eragrostis cilianensis* (Poaceae), prevaleciendo una alta tasa de semillas de especies nativas en la biodiversidad del bosque seco en el norte peruano.

Diversidad alfa de los bancos de semillas

La riqueza en los bancos de semillas varió dependiendo del microhabitat ($F = 3.77$, $p < 0.01$), la zona ($F = 17.93$, $p < 0.0001$) y el año ($F = 77.49$, $p < 0.0001$). En el año 2008, en la zona de Catacaos, la riqueza del banco de semillas en el microhabitat formado por el dosel del árbol *C. scabridum* fue mayor comparada con el arbusto *C. lutea* y el espacio sin vegetación, pero similar comparada con el árbol *P. juliflora* y el arbusto *Acacia sp.* (Fig. 6A). En contraste, en la zona de Chulucanas, la riqueza del banco de semillas en el microhabitat formado por el dosel del árbol *P. juliflora* fue mayor comparada con los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación, pero similar comparada con el árbol *C. scabridum* (Fig. 6A). En el año 2009, la riqueza de los bancos de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C.*

scabridum, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación, tanto en la zona de Catacaos como en Chulucanas (Fig. 6B).

La densidad de semillas varió dependiendo del microhabitat ($F = 3.75, p < 0.01$) y el año ($F = 12.44, p < 0.01$). En el año 2008, en la zona de Catacaos, la densidad de semillas en el microhabitat formado por el dosel del arbusto *Acacia sp.* fue mayor comparada con el arbusto *C. lutea*, el árbol *P. juliflora* y el espacio sin vegetación, pero fue similar comparada con el árbol *C. scabridum* (Fig. 6C). En contraste, en la zona de Chulucanas, la densidad de semillas en el espacio sin vegetación fue mayor comparada con el microhabitat formado por el dosel del árbol *C. scabridum*, pero similar comparada con el árbol *P. juliflora* y los arbustos *C. lutea* y *Acacia sp.* (Fig. 6C). En el año 2009, en la zona de Catacaos, la densidad de semillas en el espacio sin vegetación fue mayor comparada con los microhabitats formados por el dosel del árbol *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea*, pero fue similar comparada con el árbol *P. juliflora* y el arbusto *Acacia sp.* (Fig. 6D). En contraste, en la zona de Chulucanas, la densidad de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación (Fig. 6D).

El índice de Shannon varió dependiendo del microhabitat ($F = 5.94, p < 0.01$), la zona ($F = 34.09, p < 0.001$) y el año ($F = 34.19, p < 0.001$). En el año 2008, en la zona de Catacaos, el índice de Shannon de los bancos de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación (Fig. 7A). En contraste, en la zona de Chulucanas, el índice de Shannon del banco de semillas en el microhabitat formado por el dosel del árbol *C. scabridum* fue mayor (i.e., mayor equitabilidad) comparado con el espacio sin vegetación, pero fue similar comparado con el árbol *P. juliflora* y los arbustos *C. lutea* y *Acacia sp.* (Fig. 7A). En el año 2009, en la zona de Catacaos, el índice de Shannon del banco de semillas en el microhabitat formado por el dosel del árbol *C. scabridum* fue mayor comparado con el espacio sin vegetación, pero fue similar comparado con el árbol *P. juliflora* y los arbustos *C. lutea* y *Acacia sp.* (Fig. 7B). En contraste, en la zona de Chulucanas, el índice de Shannon de los bancos de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación (Fig. 7B).

De manera consistente con el índice de Shannon, el índice de dominancia en los bancos de semillas varió dependiendo del microhabitat ($F = 5.12, p < 0.01$), la zona ($F = 31.29, p < 0.001$) y el año ($F = 16.17, p < 0.01$). En el año 2008, en la zona de Catacaos, el índice de dominancia de los bancos de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación (Fig. 7C). En contraste, en la zona de Chulucanas, el índice de dominancia del banco de semillas en el espacio sin vegetación fue mayor (i.e., fueron menos diversos) comparado con los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea*, pero fue similar comparado con el arbusto *Acacia sp.* (Fig. 7C). En el año 2009, en la zona de Catacaos, el índice de dominancia del banco de semillas en el espacio sin vegetación fue mayor comparado con el microhabitat formado por el dosel del árbol *C. scabridum*, pero fue similar comparado con el árbol *P. juliflora* y los arbustos *C. lutea* y *Acacia sp.* (Fig. 7D). En contraste, en la zona de Chulucanas, el índice de dominancia de los bancos de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación (Fig. 7D).

Finalmente, el índice de Berger-Parker varió dependiendo del microhabitat ($F = 4.03, p < 0.0001$), la zona ($F = 33.64, p < 0.05$) y el año ($F = 10.65, p < 0.01$). En el año 2008, en la zona de Catacaos, el índice de Berger-Parker de los bancos de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación (Fig. 7E). En contraste, en la zona de Chulucanas, el índice de Berger-Parker del banco de semillas en el espacio sin vegetación fue mayor (i.e., fueron más abundantes y dominantes) comparado con los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea*, pero fue similar comparado con el arbusto *Acacia sp.* (Fig. 7E). En el año 2009, en la zona de Catacaos, el índice de Berger-Parker del banco de semillas en el espacio sin vegetación fue mayor comparado con el árbol *C. scabridum*, pero fue similar comparada con los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora* y los arbustos *C. lutea* y *Acacia sp.* (Fig. 7F). En contraste, en la zona de Chulucanas, el índice de Berger-Parker de los bancos de semillas fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.*, *C. lutea* y el espacio sin vegetación (Fig. 7F).

Diversidad beta de los bancos de semillas

Los resultados del análisis multivariado obtenidos utilizando el criterio de similitud de Jaccard, demostraron insuficiente representación de los datos para el ordenamiento nMDS: Estrés > 0.20, y para el ordenamiento PCoA: Primer componente = 12.5 % de la varianza; Segundo componente = 9.2 % de la varianza. En consecuencia, ambos métodos de ordenamiento utilizando la matriz de similitud de Jaccard no fueron considerados en la comparación de la composición de especies en los bancos de semillas en los diferentes microhabitats, en distintas zonas y años.

Los resultados del análisis multivariado obtenidos utilizando el criterio de similitud de Bray-Curtis, demostraron insuficiente representación de los datos para el ordenamiento nMDS: Estrés > 0.20. En contraste, para el ordenamiento PCoA, los resultados demostraron un suficiente representación de los datos: Primer componente = 42.52 % de la varianza; Segundo componente = 17.97 % de la varianza (i.e., > 50 % de la varianza explicada). En consecuencia, únicamente el método de ordenamiento PCoA utilizando la matriz de similitud de Bray-Curtis fue considerado en la comparación de la composición de especies en los bancos de semillas en los diferentes microhabitats, en distintas zonas y años.

Análisis de ordenamiento PCoA, utilizando el criterio de Bray-Curtis

La composición de las especies en los bancos de semillas varió dependiendo del microhabitat ($F = 6.09$, $p < 0.01$), la zona ($F = 80.29$, $p < 0.0001$), el año ($F = 24.55$, $p < 0.0001$) y la interacción entre el año y la zona ($F = 24.03$, $p < 0.0001$). La representación de los datos sugiere patrones de agrupamiento entre los microhabitats y las zonas (Fig. 8). En el año 2008, se observó menor distancia (i.e., mayor agrupamiento) entre los espacios sin vegetación y el microhabitat formados por el dosel del arbusto *Acacia sp.*, como también menor distancia entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea* (Fig. 8A). También se observó mayor distancia entre los microhabitats de la zona de Catacaos comparados con los microhabitats de la zona de Chulucanas. Contrariamente, en el año 2009, se observó mayor superposición entre los microhabitats y las zonas (Fig. 8B). El análisis de comparación demostró que en el año 2008, tanto en la zona de Chulucanas como en Catacaos, la composición de las especies del banco de semillas fue similar entre el espacio sin vegetación y el arbusto *Acacia sp.*, como también fue similar entre los árboles *P. juliflora*,

C. scabridum y el arbusto *C. lutea* (Fig. 9A). En contraste, en el año 2009, la composición de especies fue similar entre los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum*, de los arbustos *Acacia sp.* *C. lutea* y el espacio sin vegetación. También se observó mayor distancia entre los microhabitats de la zona de Catacaos comparados con los microhabitats de la zona de Chulucanas. (Fig. 9B).

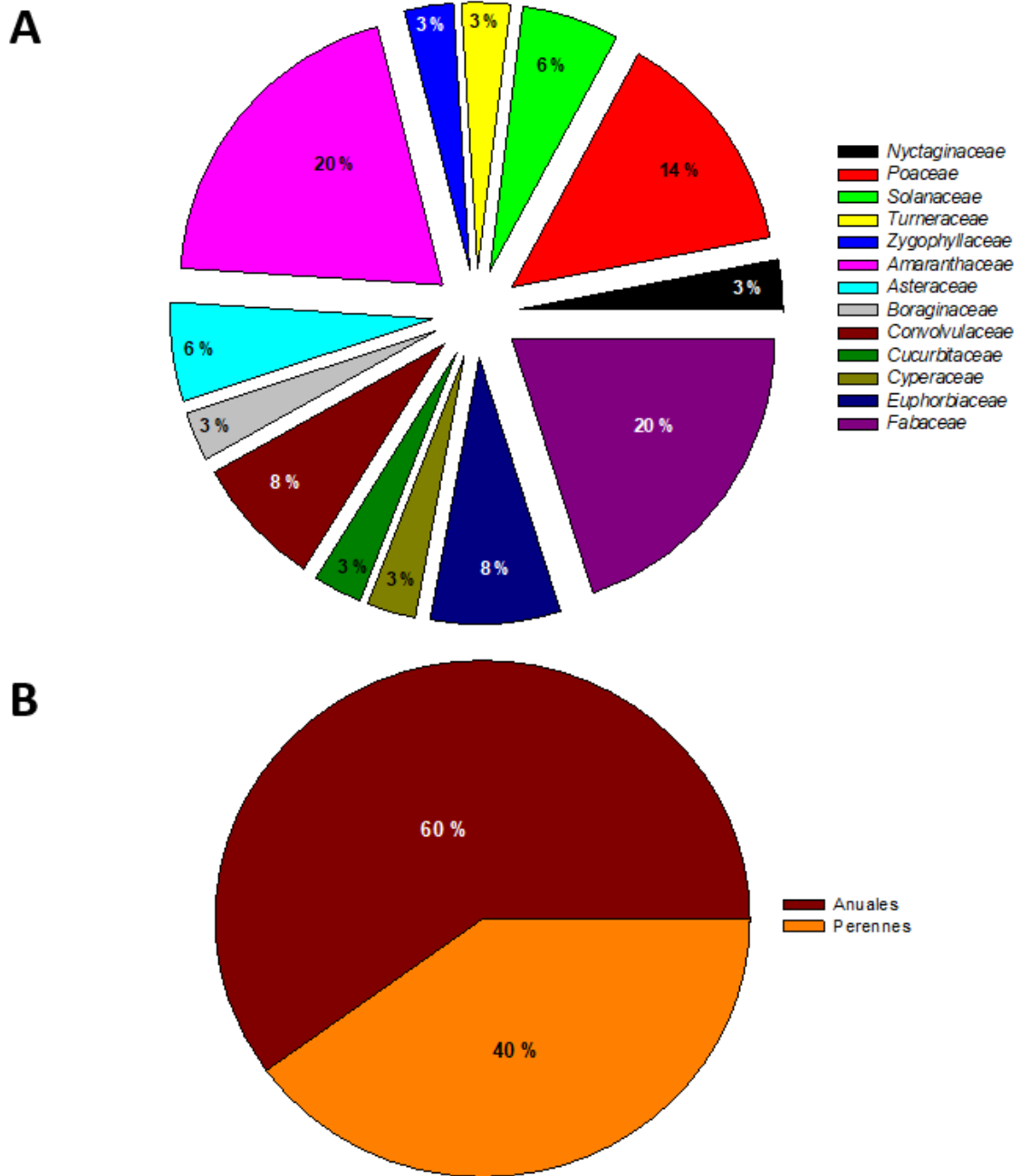


Figura 4. A) Porcentaje de familias según el número de especies encontradas en la evaluación de los bancos de semillas en el suelo de dos zonas del bosque seco en el norte peruano (Chulucanas – Catacaos) durante los años 2008 – 2009. B) Porcentaje de especies de semillas anuales y perennes registradas en los bancos de semillas del suelo de dos zonas de Chulucanas y Catacaos, durante los años 2008 – 2009.

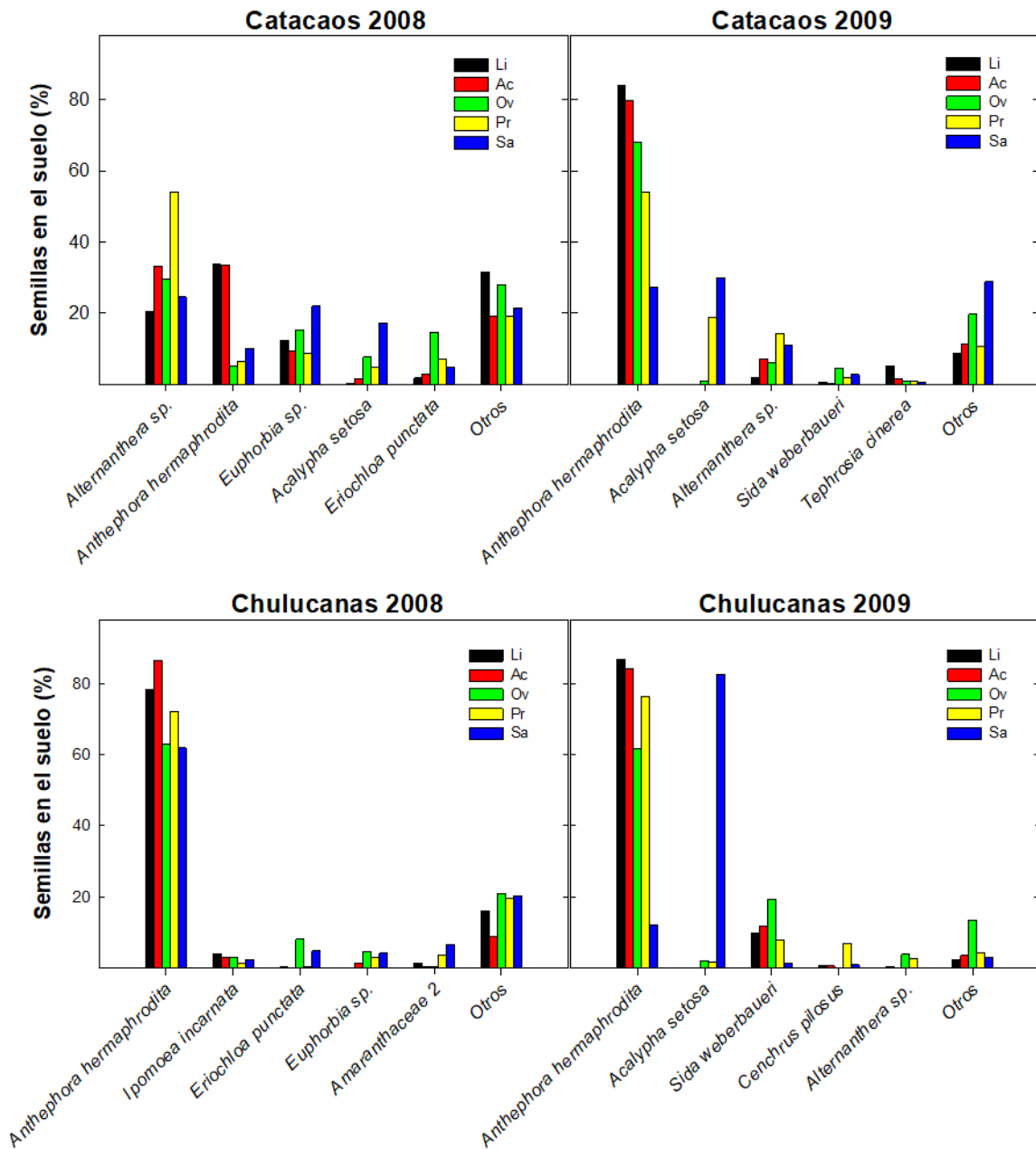


Figura 5. Especies en los bancos de semillas bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia* sp., Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas del bosque seco en el norte de Perú (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el porcentaje de semillas de las cinco especies más abundantes, y el porcentaje de semillas de las especies menos abundantes se agruparon en la categoría “otros”.

Tabla 1. ANOVA Factorial de los índices de diversidad alfa. Valores significativos se muestran en negrita: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.0001$.

		Riqueza (n° de especies)	Densidad (n° semillas.cm⁻²)	Índice de dominancia	Índice de Shanon	Índice de Berger-Parker
	Df	F	F	F	F	F
Año	1	77.49***	12.44**	16.17**	34.19***	10.65**
Zona	1	17.93***	0.06	31.29***	34.09***	33.64*
Microhabitat	4	3.77**	3.75**	5.12**	5.94**	4.03***
Año x Zona	1	0.69	0.25	3.11	2.90	2.83
Año x Microhabitat	4	0.77	1.76	0.54	0.12	0.56
Zona x Microhabitat	4	1.97	0.26	1.23	1.20	1.05
Año x Zona x Microhabitat	4	0.90	1.77	1.60	1.21	1.75
Error	65					

Tabla 2. Comparación entre los índices de diversidad alfa (Riqueza de especies, Índice de Dominancia, Índice de Shannon, Índice de Berger-Parker) y la Densidad de semillas bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009 mostrando el promedio \pm error estándar.

Año	Microhabitat	Riqueza de especies		Densidad de semillas (N° semillas.cm ⁻²)		Índice de Dominancia		Índice de Shanon		Índice de Berger-Parker	
		Chulucanas	Catacaos	Chulucanas	Catacaos	Chulucanas	Catacaos	Chulucanas	Catacaos	Chulucanas	Catacaos
2008	Li	7.50 \pm 0.87	8.00 \pm 0.32	0.36 \pm 0.02	0.26 \pm 0.03	0.77 \pm 0.08	0.35 \pm 0.04	0.54 \pm 0.15	1.46 \pm 0.13	0.77 \pm 0.04	0.50 \pm 0.04
2009	Li	4.00 \pm 0.58	5.60 \pm 0.40	0.36 \pm 0.13	0.38 \pm 0.12	0.73 \pm 0.15	0.70 \pm 0.11	0.51 \pm 0.25	0.69 \pm 0.23	0.58 \pm 0.15	0.69 \pm 0.12
2008	Ac	5.25 \pm 0.48	11.80 \pm 1.39	0.34 \pm 0.06	0.46 \pm 0.06	0.62 \pm 0.07	0.32 \pm 0.01	0.85 \pm 0.14	1.42 \pm 0.03	0.71 \pm 0.06	0.34 \pm 0.04
2009	Ac	3.33 \pm 0.67	5.80 \pm 0.73	0.24 \pm 0.12	0.23 \pm 0.03	0.83 \pm 0.08	0.62 \pm 0.11	0.36 \pm 0.14	0.81 \pm 0.21	0.82 \pm 0.04	0.70 \pm 0.09
2008	Ov	8.00 \pm 1.47	10.20 \pm 1.83	0.25 \pm 0.07	0.23 \pm 0.01	0.49 \pm 0.10	0.25 \pm 0.03	1.16 \pm 0.21	1.74 \pm 0.16	0.51 \pm 0.08	0.30 \pm 0.04
2009	Ov	4.33 \pm 1.45	4.80 \pm 0.97	0.07 \pm 0.02	0.11 \pm 0.04	0.50 \pm 0.10	0.52 \pm 0.04	0.95 \pm 0.24	0.91 \pm 0.07	0.14 \pm 0.14	0.25 \pm 0.16
2008	Pr	11.75 \pm 0.63	11.80 \pm 0.66	0.38 \pm 0.04	0.30 \pm 0.04	0.53 \pm 0.08	0.35 \pm 0.08	1.20 \pm 0.17	1.60 \pm 0.16	0.65 \pm 0.09	0.47 \pm 0.09
2009	Pr	5.00 \pm 1.53	6.40 \pm 1.50	0.16 \pm 0.10	0.19 \pm 0.04	0.56 \pm 0.06	0.48 \pm 0.12	0.86 \pm 0.09	1.08 \pm 0.25	0.43 \pm 0.22	0.40 \pm 0.15
2008	Sa	8.50 \pm 1.32	14.20 \pm 1.20	0.18 \pm 0.02	0.38 \pm 0.05	0.49 \pm 0.13	0.24 \pm 0.01	1.24 \pm 0.33	1.87 \pm 0.07	0.50 \pm 0.12	0.36 \pm 0.02
2009	Sa	5.33 \pm 1.45	6.80 \pm 1.07	0.42 \pm 0.35	0.16 \pm 0.08	0.71 \pm 0.09	0.28 \pm 0.05	0.61 \pm 0.12	1.51 \pm 0.17	0.46 \pm 0.26	0.15 \pm 0.09

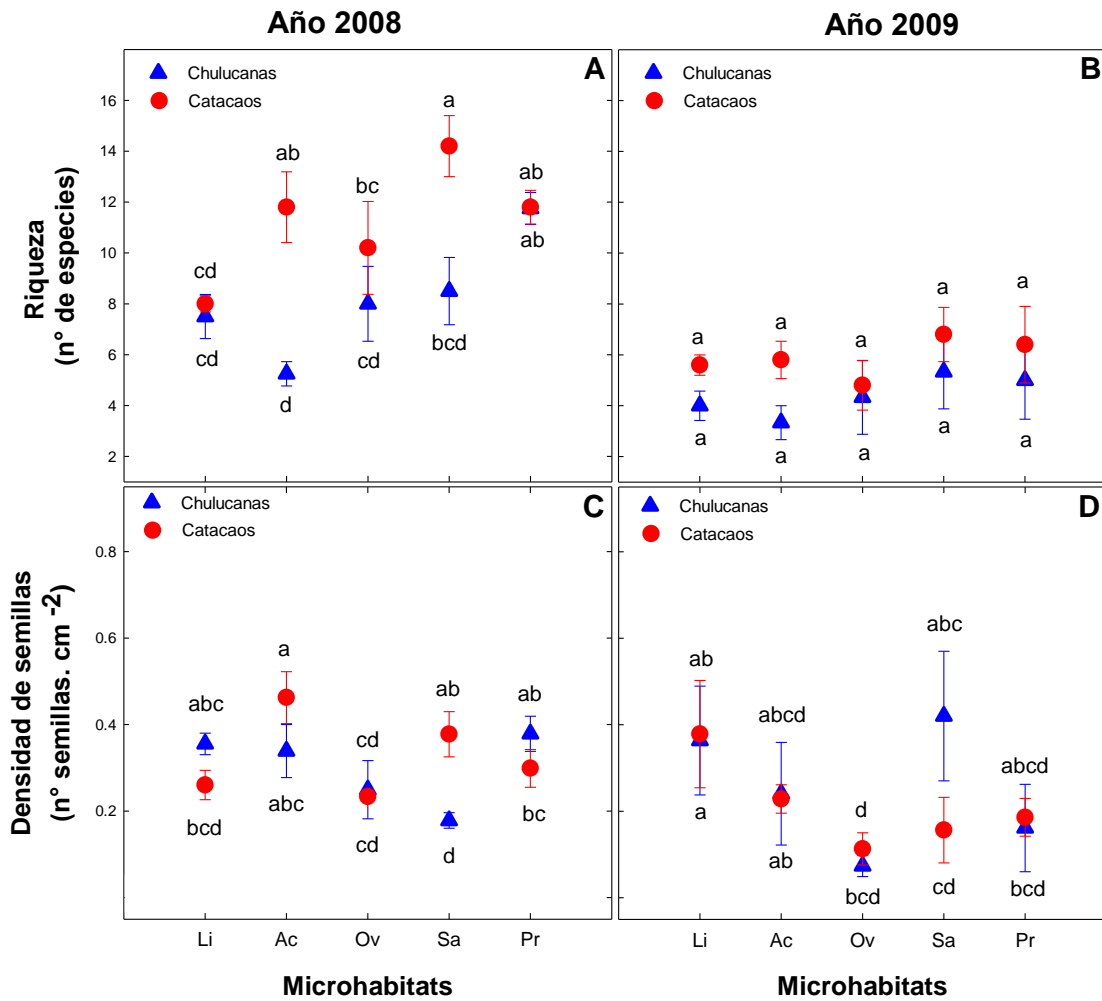


Figura 6. Comparación de la riqueza de especies y la densidad de semillas en los suelos bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el promedio \pm error estándar. Letras diferentes representan diferencias significativas entre los promedios (ANOVA, con un test a posteriori de comparaciones múltiples LSD de Fisher).

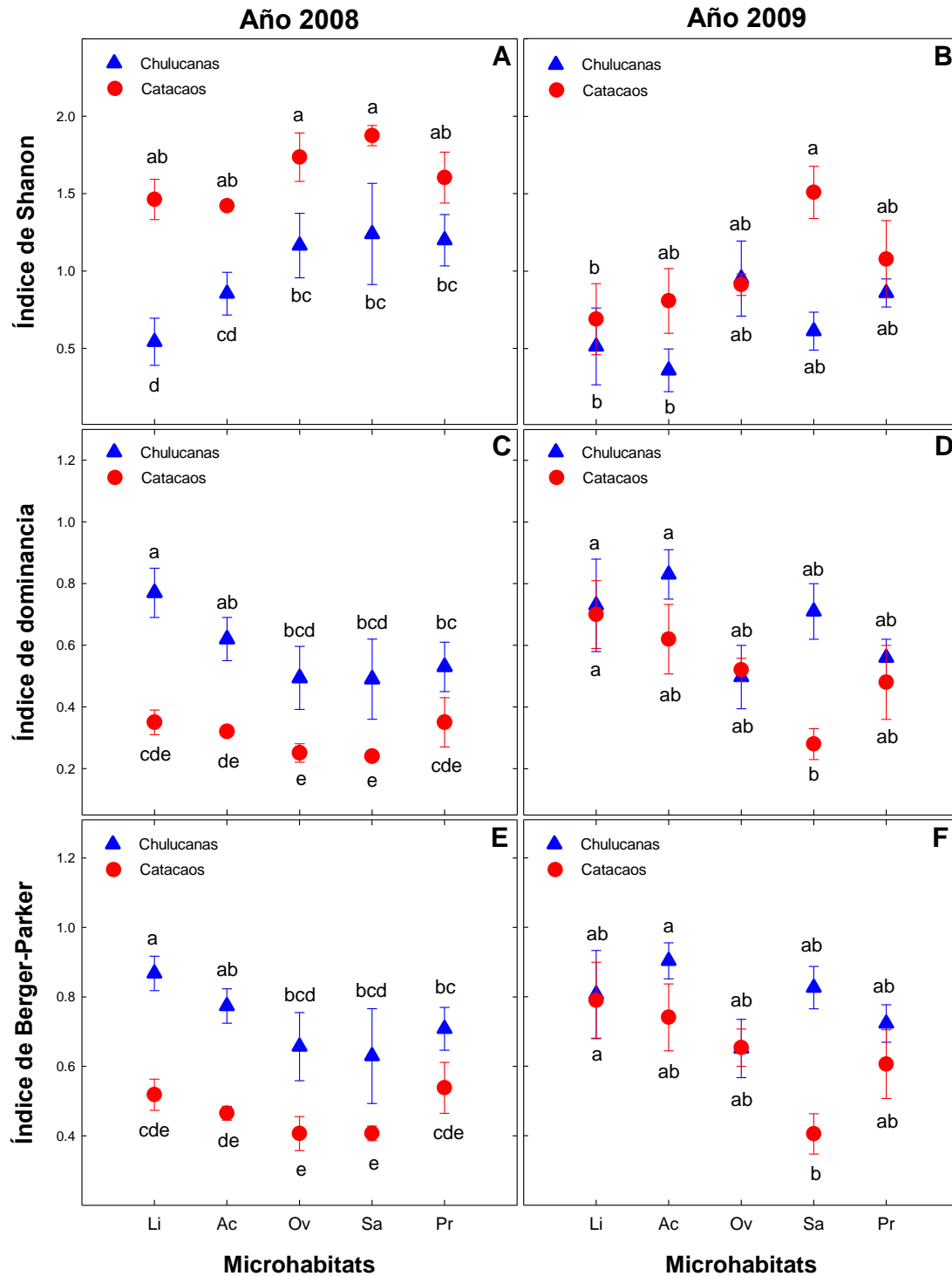


Figura 7. Comparación de los índices de Dominancia, Shannon y Berger-Parker, en los suelos bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas del bosque seco (Chulucanas y Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el promedio \pm error estándar. (ANOVA, con un test a posteriori de comparaciones múltiples LSD de Fisher).

Tabla 3. Resumen sobre el análisis de la diversidad alfa de los bancos de semillas en los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas y espacios sin vegetación, en dos zonas (Chulucanas y Catacaos) del bosque seco en el norte peruano durante los años 2008-2009. Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*.

Medidas de diversidad alfa	Zonas	Año 2008			Año 2009		
		Mayor promedio	Microhabitats		Mayor promedio	Microhabitats	
			diferentes	similares		diferentes	similares
Riqueza de especies	Catacaos	Sa	Sa > Li, Ov	Sa = Pr	Sa	-	todos
	Chulucanas	Pr	Pr > Li, Ac, Ov	Pr = Sa	Sa	-	todos
Densidad de semillas	Catacaos	Ac	Ac > Li, Ov, Pr	Ac = Sa	Li	Li > Sa, Ov	Li = Ac, Pr
	Chulucanas	Pr	Pr > Sa, Ov	Pr = Li, Ac	Sa	-	todos
Índice de Shanon	Catacaos	Sa	-	todos	Sa	Sa > Li	Sa = Pr, Ov, Ac
	Chulucanas	Sa	Sa > Li	Sa = Pr, Ov, Ac	Ov	-	todos
Índice de dominancia	Catacaos	Li, Pr	-	todos	Li	Li > Sa	Li = Ov, Ac, Pr
	Chulucanas	Li	Li > Ov, Pr, Sa	Li = Ac	Ac	-	todos
Índice de Berger-Parker	Catacaos	Pr	-	todos	Li	Li > Sa	Li = Ac, Ov, Pr
	Chulucanas	Li	Li > Ov, Sa, Pr	Li = Ac	Ac	-	todos

Tabla 4. ANOVA Factorial del PCoA utilizando el índice de similitud Bray-Curtis.

Valores significativos se muestran en negrita: ** $p < 0.01$, *** $p < 0.0001$.

	Df	MS	F
Coordenada 1			
Año	1	0.10	24.55***
Zona	1	0.33	80.29***
Microhabitat	4	0.03	6.09**
Año x Zona	1	0.10	24.03***
Año x Microhabitat	4	0.00	0.56
Zona x Microhabitat	4	0.00	1.05
Año x Zona x Microhabitat	4	0.00	0.30
Error	65	0.00	
Coordenada 2			
Año	1	0.17	1.37
Zona	1	0.00	0.30
Microhabitat	4	0.26	2.13
Año x Zona	1	0.00	0.25
Año x Microhabitat	4	0.00	0.35
Zona x Microhabitat	4	0.00	0.24
Año x Zona x Microhabitat	4	0.01	0.42
Error	65	0.01	

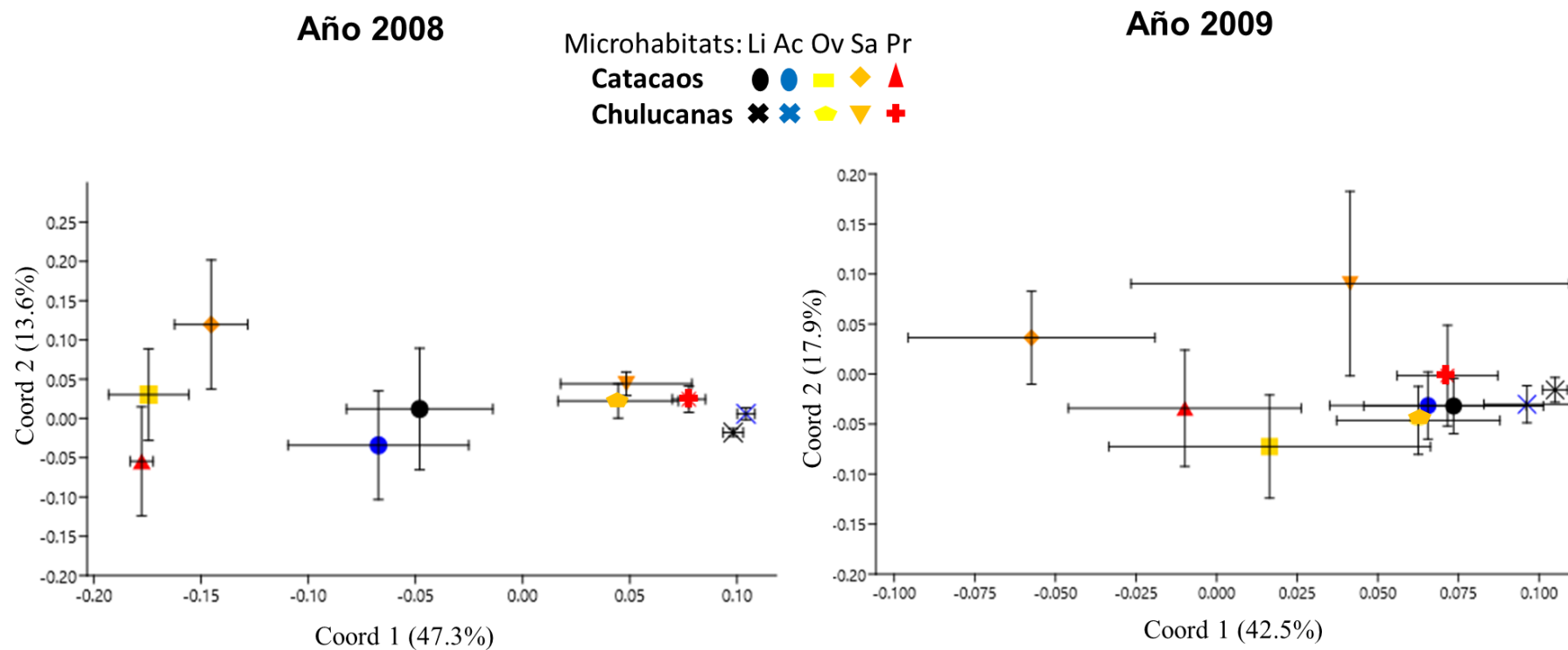


Figura 8. Representación de los microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) para cada una de las zonas (Catacaos, Chulucanas) utilizando PCoA con el índice de similitud de Bray-Curtis. Se muestra el promedio \pm error estándar.

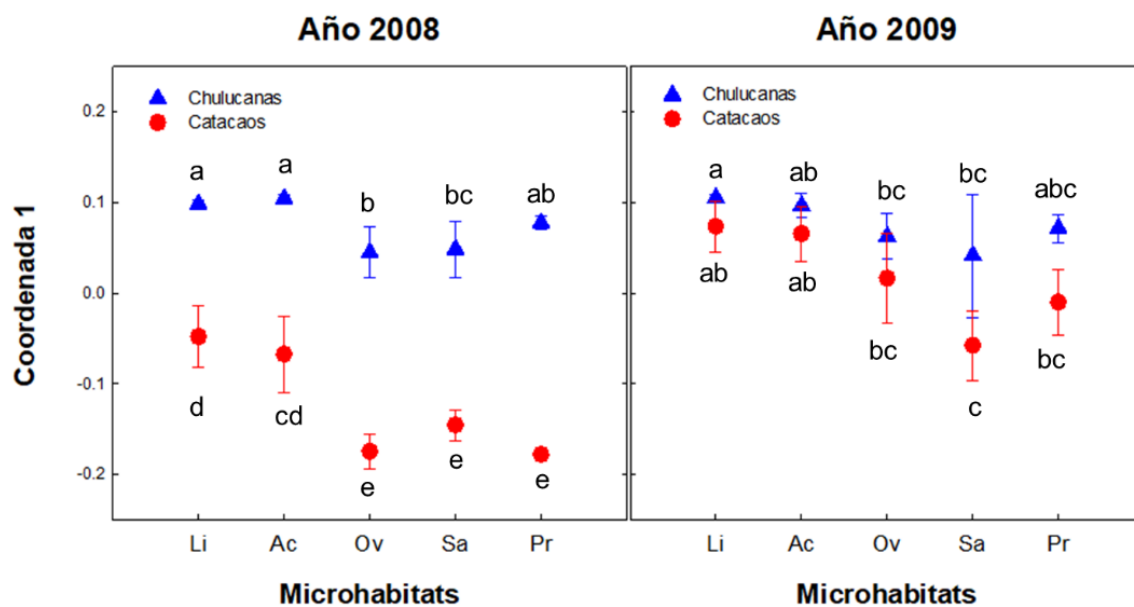


Figura 9. Comparación de los valores de la coordenada 1 del PCoA utilizando el índice de similitud de Bray-Curtis en los suelos bajo diferentes microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) en dos zonas (Chulucanas, Catacaos) en los años 2008 y 2009. Se muestra el promedio \pm error estándar. (ANOVA, con un test a posteriori de comparaciones múltiples LSD de Fisher).

VII. Discusión

Los resultados de la presente tesis respaldan la hipótesis que los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas incrementan la diversidad de especies en los bancos de semillas del bosque seco en el norte peruano. El análisis florístico demostró que, en general, en el microhabitat formado por el dosel del arbusto *Acacia sp.* y el espacio sin vegetación hubo distribución uniforme de las especies, con una alta abundancia de *A. hermafrodita* en la zona de Catacaos y Chulucanas, tanto en el año 2008 como 2009 (Fig. 5). En contraste, los microhabitats formados por los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea* tienden a tener mayor variedad de especies pero poco abundantes, pudiendo resultar en una mayor diversidad de especies, en la zona de Chulucanas y Catacaos, tanto en el año 2008 y 2009 (Fig. 5). El análisis sobre la diversidad alfa, en general, demostró mayor diversidad de especies en los bancos de semillas en los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea*, comparado al arbusto *Acacia sp.*, y el espacio sin vegetación (Tabla 2, Fig. 6, Fig. 7). Complementariamente, el análisis sobre la diversidad beta determinó mayor similitud entre los bancos de semillas en los microhabitats formados por el dosel de los árboles *P. juliflora*, *C. scabridum* y el arbusto *C. lutea*, como también fue similar entre el espacio sin vegetación y el arbusto *Acacia sp.* (Fig. 8, Fig. 9). En conjunto, estos resultados sugieren un efecto positivo de las especies leñosas, principalmente de los árboles, sobre la diversidad de especies de los bancos de semillas en el bosque seco del norte peruano.

La dispersión de semillas puede cambiar dependiendo del ambiente y la especie (Venable et al. 2008). Entre los mecanismos más frecuentes para la dispersión de semillas, en zonas áridas y semiáridas, están la dispersión por el viento (anemocoria) y por animales (zoocoria) (Fenner, 1985; Venable et al., 2008). El efecto del viento y de los animales puede tener un rol determinante al transportar semillas y facilitar su acumulación en los microhabitats formados por el dosel de las especies leñosas (Venable et al. 2008). El dosel de las especies leñosas puede ser una barrera para atrapar semillas transportadas por el viento o un lugar de reposo para animales dispersores de semillas (Filazzola et al. 2019). Complementariamente, el tamaño de las semillas influye en su dispersión, principalmente en la anemocoria, ya que semillas más pequeñas y de menor peso serán transportadas con mayor facilidad por el viento (Fenner, 1985). El análisis de los bancos de semillas, tanto en las zonas de Catacaos como en Chulucanas, mostró que de manera general hay mayor

proporción de semillas pequeñas (Anexo 3), las cuales podrían estar favoreciendo su transporte a través del viento hacia los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas. Por otro lado, las semillas principalmente de especies anuales pueden tener dispersión temporal al mantenerse viables por extensos periodos de tiempo bajo las condiciones estresantes en ambientes áridos y semiáridos (i.e., sequía, radiación extrema, temperatura extrema) favoreciendo su acumulación y formación bancos de semillas (Venable et al. 2008).

Los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas pueden favorecer a ciertos grupos funcionales (i.e., hierbas anuales) sobre otros (i.e., hierbas perennes) (Filazzola et al., 2019). Los resultados de esta tesis muestran mayor prevalencia de semillas que corresponden a plantas con forma de vida anual comparada con la perenne (Fig. 2B). Esto coincide con otros estudios en desiertos de Norteamérica, zonas áridas en Sudamérica y el Mediterráneo (Guo et al., 1998; Figueroa et al., 2004; Caballero et al., 2008), donde los bancos de semillas fueron dominados por el grupo de hierbas anuales, siendo asociadas con el mantenimiento (i.e., regeneración) de la diversidad vegetal en los ecosistemas mencionados (Varela et al., 2021). Específicamente en esta tesis, las semillas de las hierbas anuales *A. hermafrodita* (Poaceae), *Alternanthera sp.* (Amaranthaceae) y *Acalypha setosa* (Euphorbiaceae) fueron las más abundantes en los microhabitats evaluados (Fig. 7). En otros ambientes áridos, como los matorrales costeros de Chile, semillas de especies pertenecientes a la familia Poaceae también han sido registradas como las más abundantes (Figueroa et al., 2004). Una explicación de la predominancia del grupo Poaceae puede ser su característica cosmopolita, que les ha facilitado su distribución geográfica entre diferentes ecosistemas, aprovechando en este caso las condiciones benignas de ciertos microhabitats (Sotomayor & Gutiérrez, 2015). El caso particular de *A. setosa*, puede ser explicado por su característica ruderal que señala su predominancia por crecer en paisajes intervenidos como los encontrados en la zona de Chulucanas (i.e., bordes de camino, campos de cultivos abandonados) (Sotomayor & Gutiérrez, 2015). Con respecto al origen de las especies, hubo una baja tasa de especies exóticas (5.6 %) del total de semillas identificadas. Si bien los ecosistemas áridos son ambientes difíciles de invadir por sus condiciones estresantes (i.e., sequía, alta radiación y temperatura), incrementar la riqueza de especies nativas también puede contrarrestar (i.e., mediante la competencia) el establecimiento de especies exóticas (Tilman, 1997).

Los patrones de diversidad de especies en los bancos de semillas pueden ser afectados por el estrés ambiental (Sotomayor & Gutiérrez, 2015; Erfanzadeh et al., 2020). Se ha reportado que en ambientes benignos (i.e., alta disponibilidad de agua y nutrientes), prevalecen las interacciones negativas entre la vegetación leñosa y las plantas que se establecen debajo de su dosel, generando mayor competencia; mientras que en ambientes estresantes (i.e., ecosistemas áridos y semiáridos) las interacciones positivas (i.e., facilitación) son las que prevalecen (Filazzola et al., 2019; Yu et al., 2008). Los resultados de esta tesis, similar a otros estudios (Erfanzadeh et al., 2020; Tessema et al., 2017), sugieren un efecto positivo de las especies leñosas sobre el reclutamiento de semillas bajo su dosel. Contrariamente, también se ha reportado mayor diversidad y densidad de semillas en espacios sin vegetación comparado con los microhabitats formados por el dosel de las especies leñosas, pudiendo ser explicado por el efecto alelopático de algunos árboles y arbustos sobre las plántulas bajo su dosel (Yu et al., 2008). Consistentemente, muchos estudios han demostrado que la descomposición de la hojarasca u otro elemento alelopático directo de los árboles y arbustos tienen un efecto negativo sobre la riqueza de especies, sugiriendo que estos elementos mencionados pueden tener un rol importante en la estructura comunitaria vegetal (Xiong & Nilsson, 1999). Por otro lado, otros estudios han reportado que si bien el microhabitat formado por el dosel de especies leñosas puede incrementar el reclutamiento de semillas (i.e., densidad) no necesariamente incrementaría la diversidad de especies de semillas, explicando que el efecto del dosel puede ser específico para cada especie vegetal (i.e., efecto positivo para ciertas especies y negativo para otras) (Filazzola et al., 2019). Esto puede explicar, parcialmente, porqué en esta tesis ciertas especies vegetales en el bosque seco peruano fueron más favorecidas, como la familia Poaceae y Amaranthaceae, por el dosel de las especies leñosas.

El tamaño del dosel de las especies leñosas puede incrementar la diversidad de especies en los bancos de semillas, particularmente en ecosistemas áridos y semiáridos (Filazzola et al., 2019; Erfanzadeh et al., 2020). A mayor tamaño del dosel, mayor probabilidad de modificar las condiciones ambientales en el sitio donde se establece la especie vegetal leñosa, favoreciendo el reclutamiento de semillas bajo su dosel (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016; Erfanzadeh et al., 2020). Entre las modificaciones ambientales más frecuentes se han reportado cambios en la dirección del viento, disminución de la temperatura en el suelo, menor radiación solar directa en el suelo y el incremento en la calidad del suelo (nutrientes y disponibilidad de agua), que pueden

aumentar la cantidad de plantas anuales y animales dispersores de semillas (Filazzola et al., 2019; Peralta et al., 2016; Zhang et al., 2016; Erfanzadeh et al., 2020). Esto puede explicar cómo la composición de especies del banco de semillas en el microhabitat formado por el dosel del arbusto *C. lutea* puede asemejarse más a los árboles *P. juliflora* y *C. scabridum*, comparado con el otro arbusto *Acacia sp.* (Fig. 3). El arbusto *C. lutea* puede tener un dosel extenso similar a los árboles *P. juliflora* y *C. scabridum*, dependiendo de las precipitaciones, y siendo mayor comparado con *Acacia sp.*, pudiendo resultar en un menor estrés ambiental (i.e., menor temperatura y radiación) para facilitar el reclutamiento de semillas (Filazzola et al., 2019; Erfanzadeh et al., 2020). La especie *P. juliflora*, similar a la especie *C. lutea*, puede tener un crecimiento en forma de árbol y de arbusto, siendo generalmente un árbol en ecosistemas nativos (i.e., bosque seco peruano) y un arbusto en ambientes donde ha sido introducida (i.e., bosque tropical en África y Asia) (Kumar & Matur, 2014; Abebe, 2012).

La disponibilidad de agua en los microhabitats puede ser un factor determinante en la riqueza de especies de los bancos de semillas, principalmente en ambientes áridos y semiáridos donde puede tener variación espacial y temporal (Sotomayor & Gutiérrez, 2015; Gutiérrez & Meserve, 2003; Quevedo-Robledo et al., 2010). En la escala espacial, el dosel formado por las especies leñosas frondosas (i.e., *C. scabridum*, *P. juliflora*) puede disminuir la radiación solar sobre el suelo comparada con los espacios sin vegetación, resultando en una disminución de la evaporación de agua y evitando altas temperaturas (Zhang et al., 2016). Mantener o aumentar la humedad en el suelo favorece la productividad (i.e., biomasa vegetal) y la disponibilidad de materia orgánica (Gomaa 2014) en los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas, que a su vez promueve la germinación y el establecimiento de plantas, particularmente del tipo anuales (Quevedo-Robledo et al, 2010; Gutiérrez & Meserve, 2003; Silvertown et al., 1999). Adicionalmente, los microhabitats con suelos húmedos pueden presentar una alta capacidad de retención de semillas y pueden funcionar como espacios de regeneración para taxones particulares que tienen alta sensibilidad a las variaciones en la disponibilidad de agua como son algunos pastizales (i.e., poáceas) (Caballero et al., 2008, Hegazy et al., 2009). En esta tesis las especies nativas fueron predominantes en el sistema de estudio, pero hay evidencia sobre una relación directa positiva entre la precipitación y la cantidad de especies exóticas en los bancos de semillas (Eskelinen et al., 2021).

Con respecto a la escala temporal, los años lluviosos generados por fenómenos climáticos (i.e. Fenómeno del Niño) pueden favorecer directamente el incremento de la riqueza de especies y la densidad de individuos en los bancos de semillas, luego de facilitar el establecimiento y crecimiento de las plantas anuales (Facelli et al., 2005; dos Santos et al., 2013). Sin embargo, también se ha registrado lo opuesto, donde luego de un año lluvioso (resultado del Fenómeno del Niño) se ha disminuido la cantidad inicial de especies e individuos en los bancos de semillas, incluso en zonas áridas (Williams et al., 2005; da Silva et al., 2013). Entre las posibles explicaciones se ha sugerido el exceso de agua como un factor que puede promover la aparición de patógenos u hongos (particularmente en microhabitats sombríos), cambios en el ritmo usual de la germinación de semillas, aceleración de la fenología de las plantas que deben enfrentar nuevas condiciones ambientales, aumento de los depredadores de semillas, enterramiento severo de las semillas o mayor competencia entre las especies vegetales (da Silva et al., 2013). Esto puede explicar por qué, en general, la riqueza y abundancia de semillas en los microhabitats fueron menores y más uniformes en el año 2009, siendo el año previo (2008) un año muy lluvioso (Fenómeno del Niño). De manera complementaria, los bancos de semillas del año 2008 presentaron mayor diversidad de especies, siendo el año previo (2007) un año más seco.

El Fenómeno del Niño puede incrementar significativamente (hasta 25 veces) la precipitación en el bosque seco del norte peruano, modificando drásticamente su cobertura vegetal al incrementar la germinación y el establecimiento de plantas (Linares-Palomino, 2006; Holmgren et al., 2006). A finales del año 2007 (diciembre) e inicios del 2008 (enero, febrero) se registró un Fenómeno del Niño moderado que incrementó la precipitación promedio anual de 8 a 10 veces más durante el año 2008 comparado con el año previo (2007) (Anexo 4a; SENAMHI). El número total de especies fue menor en el año 2009 comparado con el año 2008, manteniendo este patrón al analizar cada zona, Chulucanas y Catacaos, por separado (Anexo 4b). El efecto positivo de los microhabitats sobre la diversidad de especies en los bancos de semillas parece ocurrir principalmente luego de un año relativamente seco (i.e., 2007) o con menor precipitación comparado con la siguiente temporada anual (i.e., 2008 año lluvioso por influencia del Fenómeno del Niño).

La actividad antrópica disminuye la diversidad de especies y la densidad de individuos en los bancos de semillas, particularmente en ecosistemas estresantes como los ambientes

áridos y semiáridos (Li et al., 2017; Lippok et al., 2013; Álvarez-Aquino et al., 2005). Esto coincide con los resultados de la presente tesis, donde Chulucanas es una zona con alta actividad humana (i.e., agricultura, ganadería, tala de árboles), lo que deteriora el suelo y las áreas de bosque seco natural. En contraste, en la zona de Catacaos hay menor actividad humana, y en consecuencia tiene mayor área de bosque no intervenido, comparada con Chulucanas (Observación personal), pudiendo favorecer la abundancia o predominancia de alguna especie en particular con características ruderales (i.e., característica que le permite crecer con facilidad en zonas urbanas o intervenidas) como el caso mencionado previamente de *A. setosa* (Fig. 5). Al observar las imágenes satelitales (Google Earth) se puede observar lo descrito previamente: mientras que la zona de Catacaos tiene un número reducido de casas y pocas zonas de bosque intervenido, la zona de Chulucanas tiene un mayor número de casas, abundantes zonas de agricultura y tiene mayor proximidad a las carreteras (Anexo 5). Esto puede explicar la tendencia de los microhabitats en Catacaos, que son no-intervenidos, a tener mayor diversidad de especies en sus bancos de semillas comparadas con los microhabitats en Chulucanas (Figura 8, Fig. 9). Otro factor que puede explicar este resultado es la limitación presentada durante la colecta de las semillas en el proyecto original. Las actividades antrópicas (i.e., agricultura, ganadería, tala de árboles) en la zona de Chulucanas (Rodríguez & Álvarez, 2005), restringió el acceso a una de las parcelas en el año 2009, impidiendo completar la información de la zona.

En conjunto, estos resultados sostienen que los microhabitats formados por especies leñosas con un dosel extenso pueden afectar positivamente los patrones de diversidad de especies de los bancos de semillas en el bosque seco del norte peruano. Estos resultados pueden ayudar a entender mejor el rol que tienen las especies leñosas en el mantenimiento de la diversidad del bosque seco, mejorando planes de manejo y conservación del bosque seco en el norte del Perú, principalmente en un escenario de cambio climático actual. Complementariamente, futuros estudios pueden incorporar el componente experimental para evidenciar una relación causa-efecto significativa sobre los patrones de diversidad descritos en la presente tesis.

VIII. Conclusiones

- Los microhabitats formados por el dosel de las especies leñosas predominantes en el bosque seco del norte peruano, en general, pueden influir positivamente sobre la diversidad en los bancos de semillas.
- Los microhabitats formados por el dosel de árboles, principalmente *C. scabridum*, pueden incrementar la diversidad (i.e., alta riqueza de especies e índice de Shannon) de especies en los bancos de semillas. Complementariamente, los bancos de semillas en los espacios sin vegetación tienden a ser más uniformes (i.e., alto índice de dominancia y Berger-Parker) que se refleja en una baja diversidad de especies.
- La composición de especies de los bancos de semillas puede ser similar entre los microhabitats formados por el dosel de árboles y arbustos con una arquitectura frondosa (i.e., *C. scabridum*, *P. juliflora* y *C. lutea*). Complementariamente, la composición de especies de los bancos de semillas en espacios sin vegetación puede ser más similar con microhabitats formados por el dosel de arbustos con arquitectura reducida (i.e., *Acacia sp.*) que con árboles o arbustos de arquitectura mayor (i.e., *C. scabridum*, *P. juliflora* y *C. lutea*).
- Los patrones de diversidad de los bancos de semillas en los microhabitats formados por el dosel de especies leñosas pueden cambiar entre zonas (i.e., Chulucanas, Catacaos) y años (i.e., 2008; 2009), pudiendo ser explicado por factores climáticos (i.e., variación en la precipitación anual) o perturbación de origen antrópico (i.e., tala excesiva, quema de árboles).
- Los patrones de diversidad de especies de los bancos de semillas pueden cambiar entre años y zonas como resultado del Fenómeno del Niño, el cual incrementa de manera drástica la precipitación y posiblemente reduce el impacto positivo de los microhabitats formados por el dosel de las especies leñosas.
- Los resultados de la presente tesis proporciona evidencia sobre la importancia de las especies leñosas en el mantenimiento de los bancos de semillas, agregando una valoración adicional en ciertas especies leñosas predominantes en el bosque seco del norte peruano.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Abebe Y. Ecological and Economic Dimensions of the Paradoxical Invasive Species – *Prosopis juliflora* and the Policy Challenges in Ethiopia. *Journal of Economics and Sustainable Development*. (2012). Vol. 3 (8).
2. Alvarez-Aquino C, Williams-Linera G, Newton A. Disturbance Effects on the Seed Bank of Mexican Cloud Forest Fragments. *Biotropica*. (2005). Vol. 37(3), p. 337-342.
3. Caballero I, Olano J, Escudero A, Loidi J. Seed bank spatial structure in semi-arid environments: beyond the patch-bare area dichotomy. *Plant Ecology*. (2008). Vol. 195(2), p. 215-223.
4. da Silva, K. A., dos Santos, D. M., dos Santos, J. M., Ulysses, P., Ferraz, E. M., & Araújo, E. D. L. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica*. (2013). Vol. 46, p. 25-32.
5. DeMalach, N., Kigel, J., & Sternberg, M. The soil seed bank can buffer long-term compositional changes in annual plant communities. *Journal of Ecology*. (2021). Vol. 109(3), p. 1275-1283.
6. dos Santos, D. M., da Silva, K. A., de Albuquerque, U. P., dos Santos, J. M. F. F., Lopes, C. G. R., & de Lima Araújo, E. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil?. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. (2013). Vol. 208(7), p. 445-452.
7. Erfanzadeh R, Hazhir S, Jafari M. Effect of cushion plants on the soil seed bank in overgrazed semiarid regions. *Land Degradation & Development*. (2020). Vol. 31(8), p. 990-1000.
8. Eskelinen, A., Elwood, E., Harrison, S., Beyen, E., & Gremer, J. R. Vulnerability of grassland seed banks to resource-enhancing global changes. *Ecology*. (2021).
9. Facelli, J. M., Chesson, P., & Barnes, N. Differences in seed biology of annual plants in arid lands: a key ingredient of the storage effect. *Ecology*. (2005). Vol. 86(11), p. 2998-3006.
10. Farrell C, Szota C, Hobbs R, Colmer T. Microsite and litter cover effects on soil conditions and seedling recruitment in a saline agricultural system. *Plant Soil*. (2011). Vol. 348(1-2), p. 397-409.

11. Figueroa J, Teillier S, Jaksic F. Composition, size and dynamics of the seed bank in a mediterranean shrubland of Chile. *Austral Ecology*. (2004). Vol. 29(5), p. 574-584.
12. Filazzola, A., Liczner, A., Westphal, M. and Lortie, C. Shrubs indirectly increase desert seedbanks through facilitation of the plant community. *PLOS ONE*. (2019). Vol. 14(4), p. 1-15.
13. Fowler N. What is a Safe Site?: Neighbor, Litter, Germination Date, and Patch Effects. *Ecology*. (1988). Vol. 69(4), p. 947-961.
14. Gomaa N. Microhabitat variations and seed bank-vegetation relationships in a desert wadi ecosystem. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. (2014). Vol. 209(12), p. 725-732.
15. Guo Q, Rundel P, Goodall D. Horizontal and vertical distribution of desert seed banks: patterns, causes, and implications. *Journal of Arid Environments*. (1998). Vol. 38(3), p. 465-478.
16. Gutiérrez J, Meserve P. El Niño effects on soil seed bank dynamics in north – central Chile. *Oecologia*. (2003). Vol. 134(4), p. 511-517.
17. Hegazy A, Hammouda O, Lovett-Doust J, Gomaa N. Variations of the germinable soil seed bank along the altitudinal gradient in the northwestern Red Sea region. *Acta Ecologica Sinica*. (2009). Vol. 29(1), p. 20-29.
18. Holmgren M, Stapp P, Dickman C, Gracia C, Graham S, Gutiérrez J et al. Extreme climatic events shape arid and semiarid ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*. (2006) Vol. 4(2), p. 87-95.
19. Huggett R. *Fundamentals of Biogeography*. 2nd ed. Taylor and Francis; (2004).
20. Kalin Arroyo M, Cavieres L, Castor C, Humaña A. Persistent soil seed bank and standing vegetation at a high alpine site in the central Chilean Andes. *Oecología*. (1999). Vol. 119(1), p. 126-132.
21. Kumar S, Matur M. Impact of invasion by *Prosopis juliflora* on plant communities in arid grazing lands. *Tropical Ecology*. (2014) Vol 55(1), p. 33-46.
22. Lambers H, Chapin F, Pons T. *Plant physiological ecology*. Springer; (2008).
23. Leal Pinedo J., Linares Palomino. *Los Bosques de la Reserva de Biósfera del Noroeste (Perú): Diversidad arbórea y Estado de Conservación*. Caldasia. (2005).Vol. 27(2), p. 195-211.

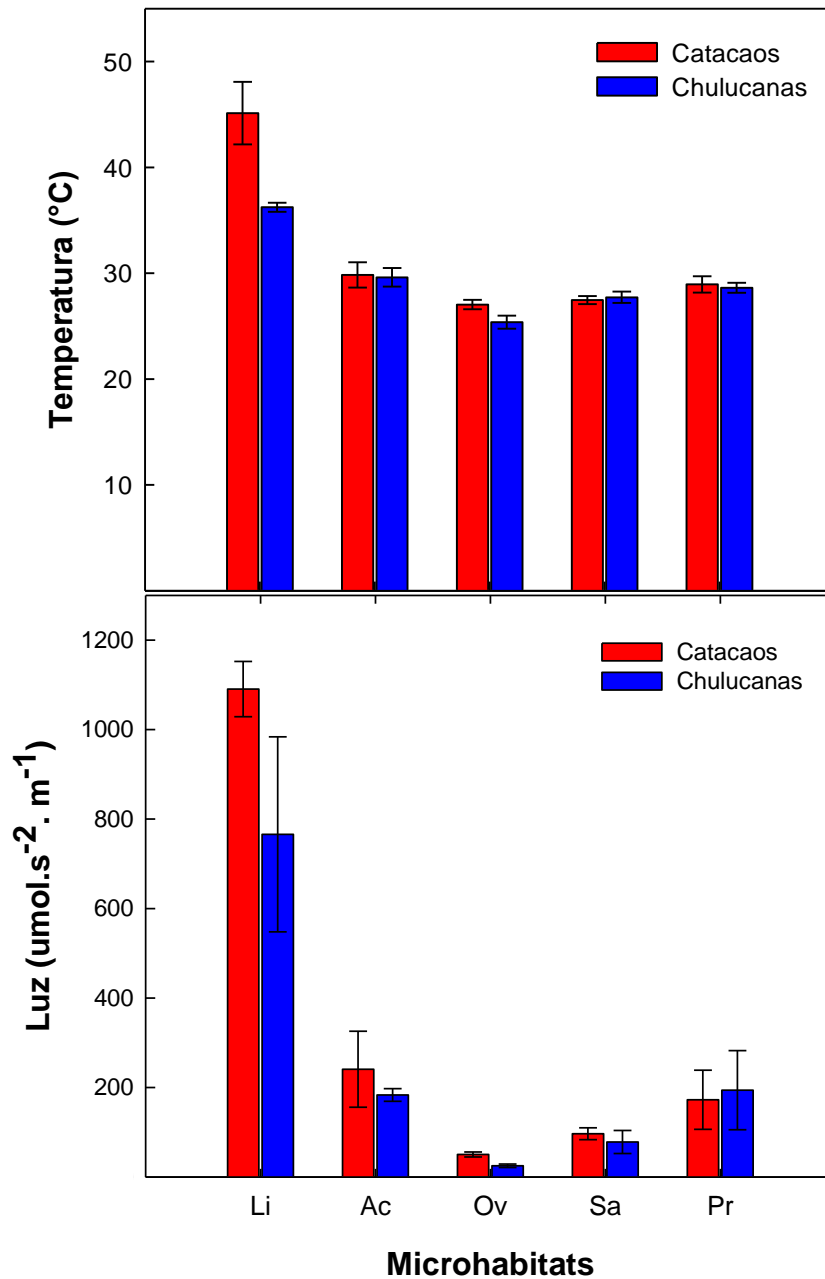
24. Li C, Xiao B, Wang Q, Zheng R, Wu J. Responses of Soil Seed Bank and Vegetation to the Increasing Intensity of Human Disturbance in a Semi-Arid Region of Northern China. *Sustainability*. (2017). Vol. 9(10), p. 1837.
25. Linares-Palomino, R. *Phytogeography and Floristics of Seasonally Dry Tropical Forests in Peru*. (2006).
26. Lippok D, Walter F, Hensen I, Beck S, Schleuning M. Effects of disturbance and altitude on soil seed banks of tropical montane forests. *Journal of Tropical Ecology*. (2013). Vol. 29(6), p. 523-529.
27. López R. Soil seed banks in the semi-arid Prepuna of Bolivia. *Plant Ecology*. (2003). Vol. 168(1), p. 85-92.
28. Marone L, Cueto V, Milesi F, Casenave J. Soil seed bank composition over desert microhabitats: patterns and plausible mechanisms. *Canadian Journal of Botany*. (2004). Vol. 82(12), p. 1809-1816.
29. Moreno C. *Métodos para medir la biodiversidad*. 1st ed. Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa; (2001).
30. Peralta A, Sánchez A, Luzuriaga A, Escudero A. Factors driving species assemblage in Mediterranean soil seed banks: from the large to the fine scale. *Annals of Botany*. (2016). Vol. 117(7), p. 1221-1228.
31. Quevedo-Robledo L, Pucheta E, Ribas-Fernández Y. Influences of interyear rainfall variability and microhabitat on the germinable seed bank of annual plants in a sandy Monte Desert. *Journal of Arid Environments*. (2010). Vol. 74(2), p. 167-172.
32. Reichman O. Spatial and Temporal Variation of Seed Distributions in Sonoran Desert Soils. *Journal of Biogeography*. (1984). Vol. 11(1), p. 1-11.
33. Rodríguez A, Álvarez R. Uso Múltiple del Bosque Seco del Norte del Perú: Análisis del Ingreso y Autoconsumo. *Zonas Áridas*. (2005). Vol. 9(1), p. 131-148.
34. Silvertown J, Dodd M, Gowing D, Mountford J. Hydrologically defined niches reveal a basis for species richness in plant communities. *Nature*. (1999). Vol. 400(6739), p. 61-63.
35. Sotomayor D, Gutiérrez J. Seed bank of desert annual plants along an aridity gradient in the southern Atacama coastal desert. *Journal of Vegetation Science*. (2015). Vol. 26(6), p. 1148-1158.

36. Szymanska R, Slesak, I, Orzechowska A, Kruk J. Physiological and biochemical responses to high light and temperature stress in plants. *Environmental and Experimental Botany*. (2017). Vol. 139, p. 165-177.
37. Tanner M. *Seed Ecology*. (1985).
38. Tessema Z, Ejigu B, Nigatu L. Tree species determine soil seed bank composition and its similarity with understory vegetation in a semi-arid African savanna. *Ecological Processes*. (2017). Vol. 6(1).
39. Tilman, D. Community invasibility, recruitment limitation and grassland biodiversity. *Ecology*. (1997). Vol. 78(1), p. 81-92.
40. Tukiainen H, Kiuttu M, Kalliola R, Alahuhta J, Hjort J. Landforms contribute to plant biodiversity at alpha, beta and gamma levels. *Journal of Biogeography*. (2019). Vol. 46(8), p. 1699-1710.
41. Varela O, Ordano M, Toledo G, Lizardo G, Rotger S, Montero A et al. Diversity and density of the desert seed bank: Interplays between cacti and nurse shrub species. *Journal of Arid Environments*. (2021). Vol. 191, p. 104536.
42. Venable D, Flores-Martinez A, Muller-Landau H, Barron-Gafford G, Becerra J. Seed Dispersal of Desert Annuals. *Ecology*. (2008) Vol. 89(8), p. 2218-2227.
43. Wang X, Wang Z, Cui Y, Pan Y. Variation in Soil Seed Banks Composition at the Desert Microhabitats of *Caragana korshinskii* Shrubs. *Arid Land Research and Management*. (2010). Vol. 24(3), p. 238-252.
44. Whitford W, Duval B. *Ecology of desert systems*. (2019).
45. Whittaker R. Evolution and Measurement of Species Diversity. *Taxon*. (1972). Vol. 21(2-3), p. 213-251.
46. Williams, P. R., Congdon, R. A., Grice, A. C., & Clarke, P. J. Germinable soil seed banks in a tropical savanna: seasonal dynamics and effects of fire. *Austral Ecology*. (2005). Vol. 30(1), p. 79-90.
47. Xiong, S., & Nilsson, C. The effects of plant litter on vegetation: a meta-analysis. *Journal of Ecology*. (1999). Vol. 87(6), p. 984-994.
48. Yu S, Bell D, Sternberg M, Kutiel P. The effect of microhabitats on vegetation and its relationships with seedlings and soil seed bank in a Mediterranean coastal sand dune community. *Journal of Arid Environments*. (2008). Vol. 72(11), p. 2040-2053

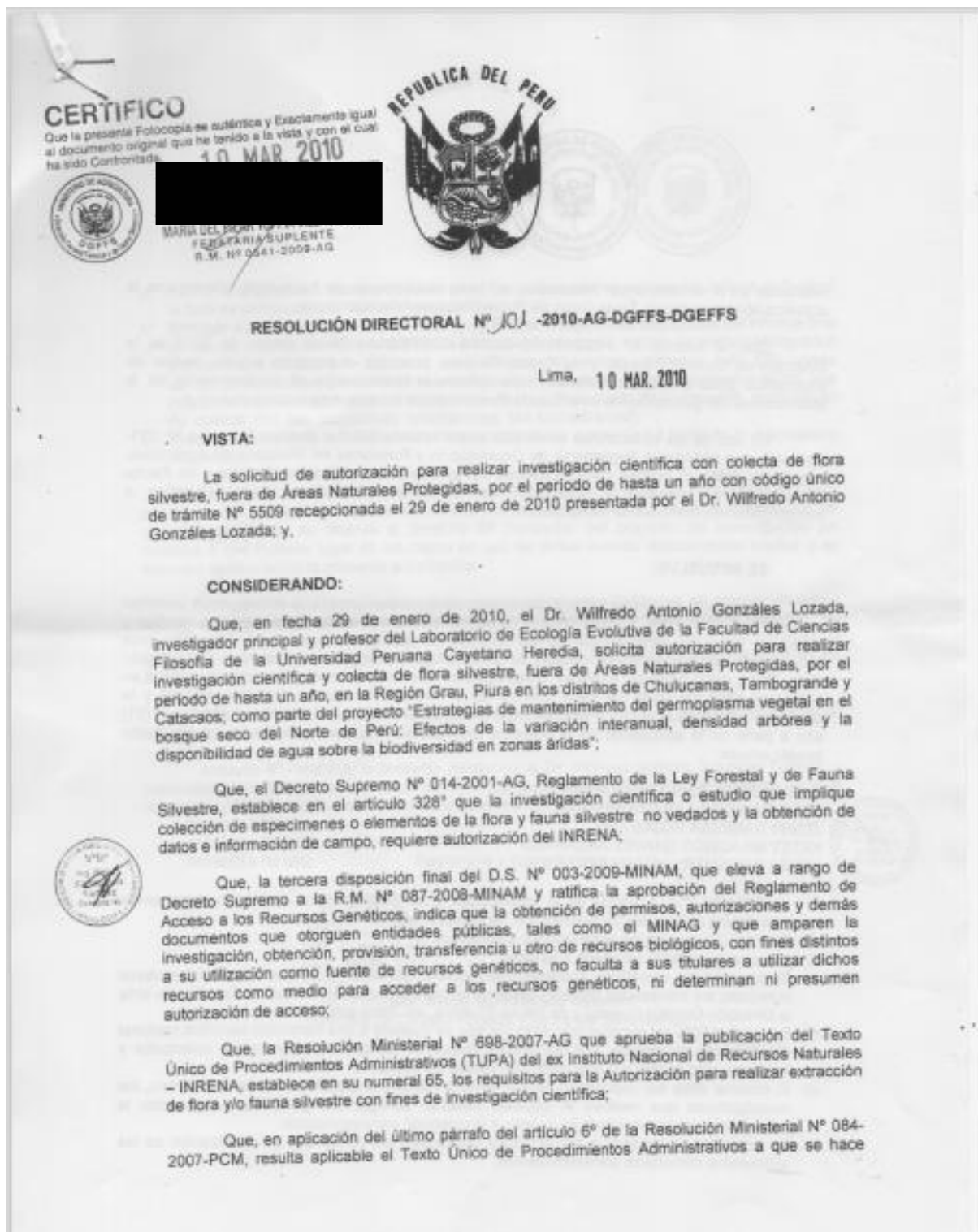
49. Zhang G, Zhao L, Yang Q, Zhao W, Wang X. Effect of desert shrubs on fine-scale spatial patterns of understory vegetation in a dry-land. *Plant Ecology*. (2016), Vol. 217(9), p. 1141-1155.
50. Zorogastúa Cruz P, Quiroz Guerra R, Garatuza Payán J. Evaluación de Cambios en la Cobertura y Uso de la Tierra con Imágenes de Satélite en Piura – Perú. *Ecología Aplicada*. (2011). Vol. 10(1-2).

X. ANEXOS

Anexo 1. Temperatura y luz solar del suelo en los microhabitats formados por el dosel de las especies leñosas (Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*, Ov: *C. lutea* y Ac: *Acacia sp*) y el espacio sin vegetación (Li), en las zonas de Catacaos y Chulucanas durante el año 2008. Se muestra el promedio \pm error estándar (EE).



Anexo 2. Permiso de colecta del proyecto “Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas” (Contrato 011-Fincyt-PIBAP 2007)





referencia en el considerando precedente, en tanto el Ministerio de Agricultura culmine con la actualización de su propio Texto Único de Procedimientos Administrativos;

Que, el informe N° 749-2010-AG-DGFFS-DGEFFS del 09 de marzo de 2010 de la Dirección de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre, concluye el presente estudio, reviste de importancia pues brindará información para establecer mecanismos de mantenimiento de la biodiversidad del germoplasma en el estado de semillas en el bosque seco nor-peruano; y,

En uso de las atribuciones conferidas por el artículo 61° del Decreto Supremo N° 031-2008-AG, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura; que en su inciso n) precisa como funciones de la Dirección de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre la de autorizar la extracción de especímenes de flora, fauna silvestres y microorganismos con fines de investigación.

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Autorizar al Dr. Wilfredo Antonio Gonzales Lozada, la investigación científica en flora silvestre y la colecta de muestras de semillas, muestras de suelo asociadas a semillas y hasta dos muestras para herbario de las especies no identificadas en campo, fuera de Áreas Naturales Protegidas, en las localidades de Chulucanas, Tambogrande y Catacaos de la Región Grau, Piura; como parte del proyecto "Estrategias de mantenimiento del germoplasma vegetal en el bosque seco del Norte de Perú: Efectos de la variación interanual, densidad arbórea y la disponibilidad de agua sobre la biodiversidad en zonas áridas"; por el período de hasta un (01) año a partir de la aprobación de la presente resolución, en la cual participarán los siguientes investigadores:

WILFREDO ANTONIO GONZALES LOZADA
FÉLIX DAVID DE LAS CASAS PEÑA
JENNY VANESSA ROJAS FOX
KETTY MILAGROS CHAVEZ ARZAPALO
HELGA ROSSMERY HUAMÁN CORDOVA

DNI N° [REDACTED]
DNI N° [REDACTED]
DNI N° [REDACTED]
DNI N° [REDACTED]
DNI N° [REDACTED]



Artículo 2°.- El titular de la autorización y los investigadores que intervengan en la implementación de la presente autorización, se comprometen a:

- Colectar únicamente los especímenes autorizados.
- No ceder el material colectado a terceros.
- Si por razones científicas acotadas, se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, los interesados deberán gestionar el correspondiente Permiso de Exportación ante la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre, así como pasar el control respectivo.
- Entregar el 50% del material colectado por tipo de muestra a una institución científica nacional debidamente reconocida. Los ejemplares únicos de los grupos taxonómicos colectados y holotipos, sólo podrán ser exportados en calidad de préstamo.
- El material debe ser depositado debidamente preparado e identificado, o de lo contrario, los investigadores que realicen el depósito deberán sufragar los gastos que demanden la preparación del material para su ingreso a la colección correspondiente.
- No contactar, ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondientes.



- g) Remitir a la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre un informe de colecta al finalizar la fase de campo de la presente investigación.
- h) Entregar a la Dirección General Forestal y de Fauna Silvestre tres (03) copias del informe final en idioma español, como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que puedan ser utilizadas para difusión. Así mismo entregar seis (06) copias de las publicaciones, producto de la investigación realizada en formato impreso y digital, que incluya la lista taxonómica de las especies de fauna y flora objeto de la presente autorización de colecta con las respectivas coordenadas (en formato excel).
- i) Indicar el número de la Resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concebida.

Artículo 3º.- La Dirección de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por los solicitantes de esta autorización, durante la ejecución del proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar del proyecto de investigación los cambios a que hubiese lugar en los casos en que se dicten nuevas disposiciones legales o se formulen ajustes sobre la presente autorización.

Artículo 4º.- Los derechos otorgados sobre los recursos biológicos no otorgan derechos sobre los recursos genéticos contenidos en ellos, ni autoriza el estudio a nivel genético, de acuerdo con la tercera disposición final del D.S. N° 003-2009-MINAM, que eleva a rango de Decreto Supremo a la R.M. N° 087-2008-MINAM y ratifica la aprobación del Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos.

Artículo 5º.- El incumplimiento de los compromisos adquiridos será causal para denegar futuras autorizaciones a nivel institucional.

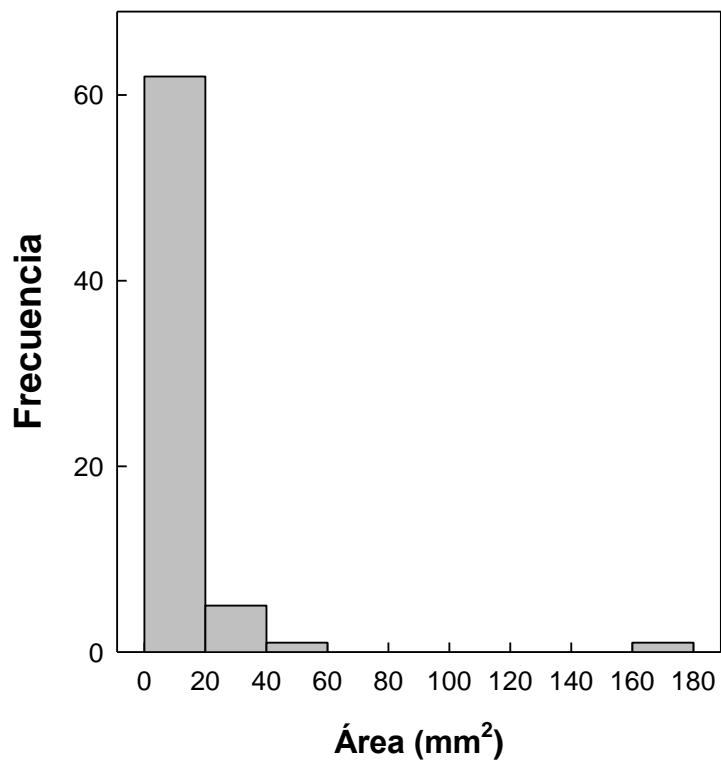
Artículo 6º.- Notificar la presente resolución al Dr. Wilfredo Antonio Gonzáles Lozada, y transcribirla a la Dirección de Información y Control Forestal y de Fauna Silvestre, y a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Tumbes-Piura.

Regístrese y comuníquese



Ing. Nélida Barbagelata Ramírez
Directora de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (e)

Anexo 3: Frecuencia del tamaño de semillas registradas en los bancos de semillas en los microhabitats en las zonas de Chulucanas y Catacaos.



Anexo 4. (a) Precipitación promedio anual en las zonas de Catacaos y Chulucanas en los años 2007-2008, y (b) número total de especies en las zonas de Catacaos y Chulucanas en los años 2008-2009

a.

Zona	Año	Precipitación (mm)
Catacaos	2007	15.56
	2008	123.82
Chulucanas	2007	82.24
	2008	913.42

b.

Zona	Año	Número de especies
Catacaos	2008	57
	2009	34
Chulucanas	2008	37
	2009	23

Anexo 5. Imagen satelital (Google Earth) del lugar de colecta de semillas en la zona de Catacaos y Chulucanas.

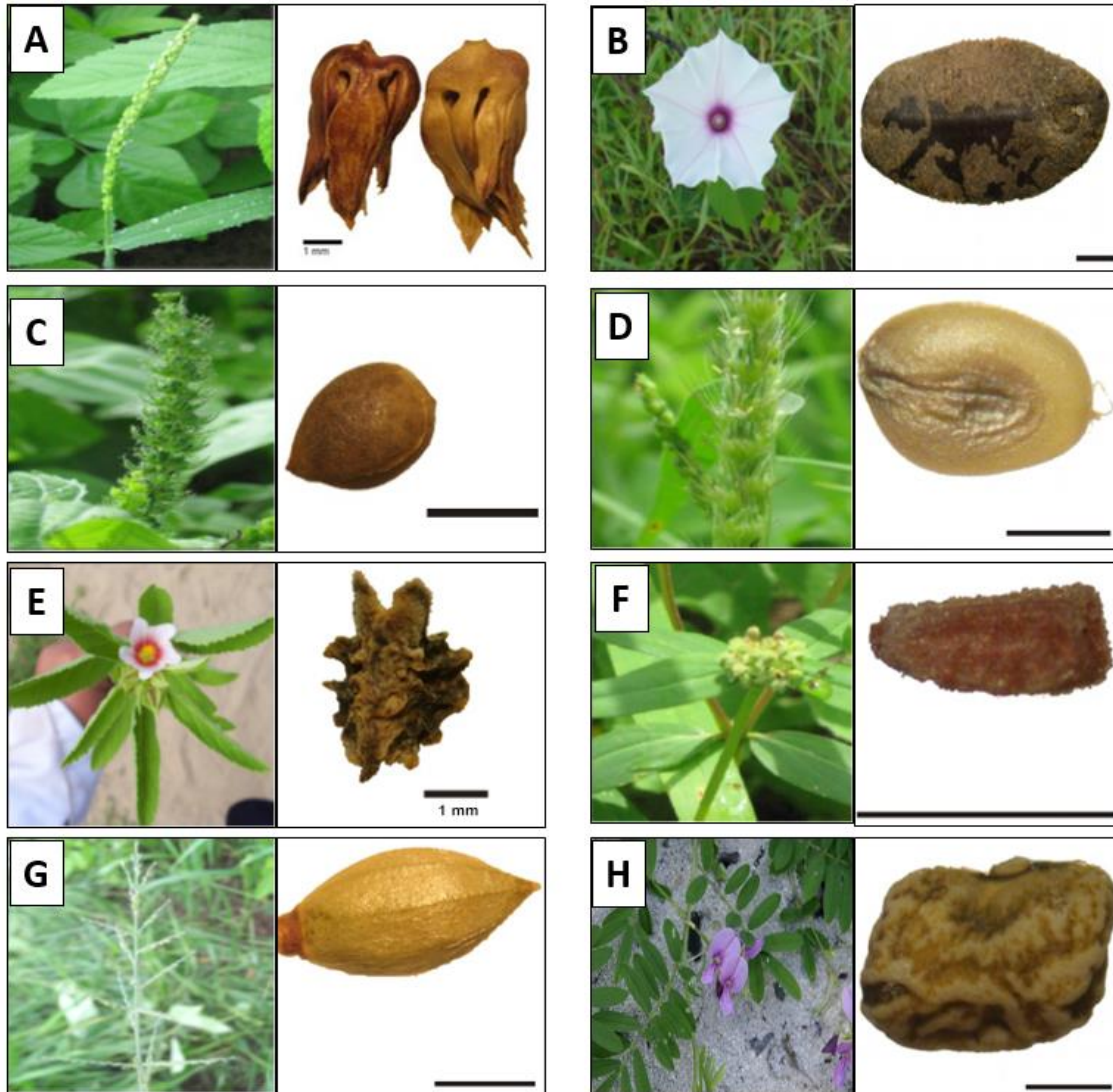
Catacaos



Chulucanas



Anexo 6. Imágenes de las especies de semillas más abundantes en Chulucanas y Catacaos en los años 2008 y 2009, se muestra la semilla y la planta en estado adulto. A: *Anthephora hermaphrodita*, B: *Ipomoea incarnata*, C: *Acalypha setosa*, D: *Cenchrus pilosus*, E: *Sida weberbaueri*, F: *Euphorbia* sp., G: *Erichloa punctata*, H: *Tephrosia cinérea*.



Anexo 7. Representación de los microhabitats (Li: espacios sin vegetación, Ac: *Acacia sp.*, Ov: *C. lutea*, Sa: *C. scabridum*, Pr: *P. juliflora*) para cada una de las zonas (Catacaos, Chulucanas) utilizando PCoA con el índice de similitud de Jaccard. Se muestra el promedio \pm errores estándar

