



**UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

**TITULACIÓN DE INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**Estructura y distribución espacial de *Croton wagneri* Müll. Arg.  
(Euphorbiaceae) en un gradiente del matorral seco del sur de Ecuador.**

Trabajo de fin de titulación.

**AUTORA:**

Arévalo Ojeda Ana Cristina.

**DIRECTOR:**

Cabrera Cisneros Hugo Omar, Ing.

**Loja – Ecuador**

2012

## CERTIFICACIÓN

Ingeniero.

Hugo Omar Cabrera Cisneros.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo, denominado: “Estructura y Distribución Espacial de *Croton wagneri* Müll. Arg. (Euphorbiaceae) en un Matorral Seco del Sur de Ecuador” realizado por la profesional en formación: Ana Cristina Arévalo Ojeda; cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la Graduación de la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como de contenido, por lo cual me permito autorizar su presentación para los fines pertinentes.

Loja, julio de 2012

f) .....

CI: .....

## **CESIÓN DE DERECHOS**

"Yo Ana Cristina Arévalo Ojeda, declaro ser autora del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

f. ....

Arévalo Ojeda Ana Cristina.

CI. ....

## **AUTORÍA**

Las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de fin de carrera, son de exclusiva responsabilidad del autor.

.....

Arévalo Ojeda Ana Cristina.

## **DEDICATORIA**

Dedico mi trabajo de tesis a mis padres Ruth y Jorge; así también a mis hermanos; Carlos y Jorge Luis, a mi sobrinito Jorge Alexander y a mi apreciado Angel, por todo el cariño, comprensión y apoyo incondicional

Ana Cristina

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Omar Cabrera, director de tesis.

Al Mat. Pablo Ramón, profesor tutor de tesis.

Al Mg. Angel Benitez, revisor de tesis.

A Ronny e Israel, becarios del Instituto de Ecología.

Y a todos los docentes y becarios del Herbario-HUTPL.

Gracias!

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN EJECUTIVO	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivo General	13
2.2 Objetivos Específicos	13
III. METODOLOGÍA	14
3.1 Área de estudio	14
3.2 Colección de datos	15
3.3 Análisis de datos	15
3.3.1 Distribución espacial de <i>Croton wagneri</i> , en un gradiente altitudinal	15
3.3.2 Influencia de los factores abióticos sobre la estructura poblacional de <i>Croton wagneri</i> , en un gradiente altitudinal	17
IV. RESULTADOS	20
4.1 Distribución espacial de <i>Croton wagneri</i> , en un gradiente altitudinal	23
4.2 Influencia de los factores abióticos sobre la estructura poblacional de <i>Croton wagneri</i> , en un gradiente altitudinal	25
V. DISCUSIÓN	28
5.1 Distribución espacial de <i>Croton wagneri</i> , en un gradiente altitudinal	28
5.2 Influencia de los factores abióticos sobre la estructura poblacional de <i>Croton wagneri</i> , en un gradiente altitudinal	31
VI. CONCLUSIONES	34
VII. BIBLIOGRAFÍA	35
VIII. ANEXOS	40

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Atributos estructurales de la población de <i>Croton wagneri</i>	20
Tabla 2. Test de Bonferroni en función de los atributos de la especie y el gradiente altitudinal.	22
Tabla 3. ANOVA de los atributos de la especie sobre las variables abióticas.	25
Tabla 4. Análisis del GLM mixto con el atributo altura media	27
Tabla 5. Análisis del GLM mixto con el atributo área de copa media	27

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio	14
Figura 2. Atributos de la especie en función del gradiente y densidad de individuos por m <sup>2</sup> . <b>A.</b> Altura media con topografía plana. <b>B.</b> Altura media con topografía en pendiente. <b>C.</b> Área de copa media con topografía plana. <b>D.</b> Área de copa media con topografía en pendiente.	21
Figura 3. <b>A.</b> Altura media y <b>B.</b> Área media de copa, las barras indican la desviación estándar.	22
Figura 4. Función L(r) normalizada	23
Figura 5. Parcelas con regularidad a pequeña escala. Los círculos representan <i>C. wagneri</i> y los triángulos <i>Croton sp.</i>	24
Figura 6. <b>A.</b> Altura media y <b>B.</b> Área media de copa. Interacciones del gradiente y topografía. Las parcelas planas representadas por líneas continuas y las parcelas en pendiente por líneas discontinuas.	26



## RESUMEN EJECUTIVO

Los ecosistemas secos se caracterizan por su alto endemismo, pero simultáneamente están amenazados por actividades antropogénicas que originan pequeños remanentes y árboles aislados, donde *Croton wagneri* es un arbusto dominante y endémico de estos ecosistemas.

Se estudió la distribución espacial y los factores abióticos que influyen en la estructura poblacional de *C. wagneri* en un gradiente altitudinal (4 niveles), con un total de 16 parcelas de 30 x 30 m en el matorral seco de la Hacienda "Alamala". Los análisis se realizaron mediante la función *K* de Ripley, ANOVA y modelos lineales generalizados mixtos.

*C. wagneri* presentó un patrón espacial agregado a gran escala, especie nodriza que favorece el establecimiento de especies anuales y perenes. El área de copa y altura está limitada por el relieve topográfico y el gradiente altitudinal; siendo el gradiente 1 (1400 m s.n.m) el sitio con las mejores condiciones para su crecimiento y desarrollo. La altura media de los individuos a lo largo del gradiente es inversamente proporcional, es decir, a medida que ascendemos disminuye la altura de los individuos.

## I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas semiáridos en el Neotrópico están distribuidos desde el norte de México hasta el sur brasileño y constituyen el 66.7% de la superficie de bosques estacionalmente secos del mundo (Aguirre *et al.* 2006). Una de las principales características es el estrés hídrico que presenta una pronunciada época seca con poca o ninguna precipitación (Ruiz & Fandiño, 2009); que va desde Mayo hasta Septiembre (cinco a seis meses) y de Octubre hasta Abril en la época lluviosa (Maldonado, 2002; Aguirre *et al.* 2006), con un promedio de precipitación anual inferior a 2.000 mm; con fluctuaciones máximas y mínimas (Vázquez & Josse, 2001).

En Ecuador los ecosistemas secos están amenazados por la destrucción que producen las actividades antropogénicas; la mayor parte de las áreas antes dominadas por esta vegetación presentan ahora pequeños remanentes y algunos árboles aislados (Aguirre & Kvist, 2005). La provincia de Loja, ubicada al sur del Ecuador, posee ecosistemas tanto de la vertiente occidental como oriental de los Andes, convirtiéndose en una de las más interesantes desde el punto de vista biológico. Once de las 25 zonas de vida del país están presentes en esta provincia (Aguirre & Delgado, 2005) y de acuerdo a Valencia *et al.* (2000), contiene al menos 639 especies endémicas dentro de su territorio. Parte importante de esa biodiversidad se encuentra en los ecosistemas secos, ocupando el 31% de la superficie (3.400 km<sup>2</sup>). Los valles secos de Catamayo corresponden a matorral seco de los Andes del sur; (Lozano, 2002) caracterizado generalmente por vegetación arbustiva, mezcla de plantas armadas con espinas e inermes y otras especies que poseen látex como *Croton wagneri* Müll. Arg. y *Jatropha curcas* L. (Valencia *et al.* 1999).

El género *Croton* L., de la familia Euphorbiaceae es amplio y diverso, comprende al menos 800 especies de los trópicos y subtropicos. Webster (1993), en su revisión infragenérica reconoce 40 secciones de *Croton* L. Incluyendo un número considerable de especies de amplia distribución neotropical. Al parecer *Croton* sect. *Velamea*, con más de 50 especies americanas, tal vez reducidas al Nuevo Mundo, aunque no se puede excluir que algunas especies se encuentren en el Viejo Mundo. De esta sección podemos citar tres especies distribuidas para Ecuador *C. alnifolius* Lam., *C. rivinifolius* Kunth y *C. wagneri* Müll. Arg., esta última para la provincia de Loja (Jorgensen & León, 1999; Aguirre & Kvist, 2005).

*Croton wagneri* se distribuye desde Carchi hasta la Zona Austral entre 1000 a 2500msnm, es un arbusto dominante y endémico de los matorrales secos que pierde parcialmente su cobertura foliar en la época seca (Valencia *et. al.* 2000); fácilmente identificable por la combinación de látex, hojas simples alternas, un par de glándulas en el ápice del peciolo y la presencia de estípulas (Gentry, 1993). Por sus características ecológicas se considera especie nodriza en el matorral seco; arbusto que provee de protección a sus plántulas y a otras especies en un ambiente hostil, mientras ellas crecen lo suficiente para enfrentar los embates del medio por sí mismas (Gutiérrez, 2001).

Las etnias mestizas utilizan esta especie por su valor etnobotánico, para eliminar verrugas y tratar heridas, llagas y úlceras cancerosas a base del látex del tallo (De la Torre *et. al.* 2008). Sus principales amenazas son el fuego antropogénico, introducción de especies y pastoreo; razones por las cuales está catalogada en el Libro Rojo de Plantas Endémica del Ecuador como Casi Amenazada (NT) (Valencia *et. al.* 2000).

Así pues, hoy en día tenemos claro que si queremos conocer cómo funcionan los ecosistemas naturales tenemos necesariamente que estudiar los patrones espaciales de

sus componentes y procesos (Maestre *et. al.* 2008). El estudio de estos patrones es clave para poder entender las relaciones entre los organismos y los factores abióticos que definen los ecosistemas. Pues la forma más fiel de reflejar la estructura espacial de una población, comunidad, o de cualquier fenómeno ecológico de la naturaleza es la representación cartográfica de todos los elementos del mismo en una región geográfica concreta. En muchas ocasiones, dependiendo de la escala de estudio, tales elementos pueden describirse aceptablemente mediante sus coordenadas espaciales (x, y), generándose así un conjunto de datos que recibe el nombre de patrón espacial de puntos (De la Cruz, 2006).

Es por ello que se plantea el estudio del patrón espacial y estructura poblacional de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal del matorral seco, conjuntamente con el análisis de variables abióticas, usando modelos lineales generalizados mixtos permitiéndonos conocer su relación ecológica y situación de la población; contribuyendo a la conservación y pautas de manejo en ecosistemas semiáridos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir la distribución espacial y los factores abióticos que influyen sobre la estructura poblacional de *Croton Wagneri*, en un gradiente altitudinal del matorral seco del sur de Ecuador.

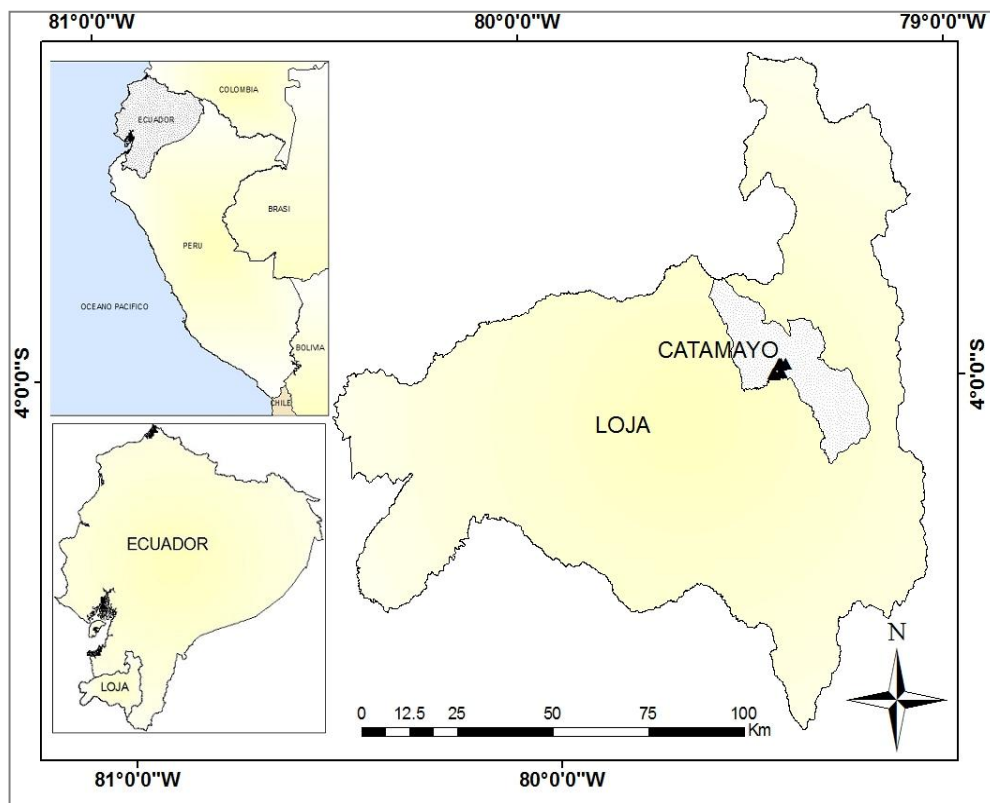
### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar el patrón espacial de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal de 1400 a 1900 m s.n.m del matorral seco del sur de Ecuador.
- Identificar la influencia de los factores abióticos: temperatura media, precipitación anual y topografía sobre las características de la estructura poblacional de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal de 1400 a 1900 m s.n.m del matorral seco del sur de Ecuador.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en el matorral seco de la Hacienda “Alamala” del cantón Catamayo, provincia de Loja; en un rango altitudinal de 1400 a 1900 m, entre las coordenadas  $03^{\circ} 58' 29''$  de Latitud Sur y  $01^{\circ} 25' 22''$  de Longitud Oeste (Figura 1). Florísticamente, en el sitio podemos encontrar especies típicas de áreas xerofíticas, alrededor de 107 especies y 41 familias botánicas (Cabrera & Prina s/f). La estacionalidad del sector influye directamente en la riqueza de especies, el 50 % de las especies reportadas para el sitio de estudio, emergen solamente en la época lluviosa. La mayoría de especies son arbustos (incluida la especie en análisis) aunque existen al menos 12 especies de árboles con individuos muy dispersos, el 50% de las especies encontradas son hierbas (Cabrera & Prinas/f).



**Figura 1.** Mapa de ubicación del área de estudio.

La temperatura media es de 20°C con precipitaciones medias anuales alrededor de 600mm. El déficit hídrico varía entre 6 y 9 meses del año en valores entre 200 y 600 mm de lluvia anuales (Ginocchio, 2005). Generalmente los suelos sobre los cuales se desarrollan son arcillosos, en la temporada lluviosa forman lodazales y en la temporada seca se manifiestan con grandes grietas, ocasionalmente pueden desarrollarse en suelos pedregosos y arenosos (Aguirre & Kvist, 2005).

### **3.2. COLECCIÓN DE DATOS.**

Se seleccionó un gradiente altitudinal con cuatro niveles (1400, 1550, 1700 y 1900 m s.n.m), en cada uno de estos se instalaron dos parcelas de 30x30 m en relieve plano y dos parcelas de las mismas dimensiones en otro tipo de relieve generalmente de más de 10% de pendiente, con un total de 16 parcelas a lo largo del gradiente. En cada parcela se ubicaron espacialmente todos los individuos de *C. wagneri*; utilizando un clinómetro digital con precisión de  $\pm 0.05$  m, para generar un patrón espacial de puntos a partir de sus coordenadas espaciales (x, y). Partiendo de una coordenada de referencia de la parcela se realizaron las mediciones, desde este punto se midió la distancia y el ángulo respecto a los individuos contenidos en la parcela. Adicionalmente se midió la altura perpendicular al suelo y los dos diámetros perpendiculares de la copa, la que permitió estimar el área de copa.

### **3.3. ANÁLISIS DE DATOS.**

#### **3.3.1 Distribución espacial de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal.**

Para determinar qué tipo de distribución espacial presenta *C. wagneri* en el matorral seco se utilizaron las funciones básicas de un patrón de puntos; la función *K* de Ripley, estimador de la propiedad de segundo orden de un patrón homogéneo; donde  $N(r)$  es el

número medio de puntos vecinos dentro de un círculo de radio  $r$  alrededor de cualquier punto típico del patrón (De la Cruz, 2008).  $N(r)$  estima de alguna manera la probabilidad de encontrar un punto en las inmediaciones de otro. Con el fin de poder comparar las propiedades de segundo orden de patrones de diferente densidad, la herramienta más utilizada es la función  $K$ , una estandarización de  $N(r)$ . La función  $K$  se define como:

$$K(r) = N(r)/\lambda$$

$\lambda$ ; intensidad del patrón (número de puntos por unidad de área).

Para interpretar los resultados, la función  $K$  observada se compara con la función  $K$  teórica de un proceso de puntos de referencia. Habitualmente dicho patrón de referencia es un proceso de Poisson o "aleatorio" (De la Cruz, 2008). Matemáticamente se puede comprobar que el valor teórico de  $K(r)$  en un patrón aleatorio es siempre  $\pi r^2$  (y que asimismo en el caso de patrones agregados este valor sería mayor y menor en el caso de patrones uniformes). La comparación visual o numérica de la curva de  $K(r)$  y la de  $\pi r^2$  es la forma de análisis exploratorio de los datos, con valores de  $K(r) > \pi r^2$  indicando agregación y valores de  $K(r) < \pi r^2$  indicando uniformidad o regularidad a la escala  $r$  considerada. En la práctica, suele emplearse con mayor frecuencia su versión normalizada  $L(r) = (K(r)/\pi)^{1/2}$  que además de tener una varianza constante, permite una interpretación más clara.

Estas funciones se complementaron con el test de aleatoriedad espacial completa (o "CSR", de Complete Spatial Randomness). Los valores críticos del test se calcularon con el método de Monte Carlo obtenidos en un proceso de 99 simulaciones; cada uno de ellos se ordenan y se interpretan formando envolturas de Confianza para cada valor de  $r$  mediante representación gráfica de los percentiles apropiados.



Otra característica de un patrón de puntos para describir su estructura es el conjunto de distancias de cada punto a su vecino más cercano. Matemáticamente corresponde a la distribución acumulada de distancias que presenta un patrón de Poisson homogéneo, basándose en comparar dicha distribución con el patrón de estudio. La función de distancias al vecino más cercano está dada por: (De la cruz, 2008);

$$G(y) = 1 - e^{-\lambda \cdot \pi y^2}$$

siendo  $y$  la distancia desde un punto cualquiera del patrón hasta el punto más cercano y  $\lambda$  la intensidad (número esperado de puntos por unidad de área).

### **3.3.2 Influencia de los factores abióticos sobre la estructura poblacional de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal.**

Previo al análisis de los modelos lineales se estimó el área de copa de los individuos mediante el área de una elipse, a través de sus diámetros (Shiponeni *et. al.* 2010):

$$A = \pi \left( \frac{ab}{4} \right)^2$$

donde  $A$  es el área de copa,  $a$  y  $b$  son los dos diámetros.

Con los radio definidos: R1=0.5, R2=1 y R3=1.5m se estableció el número medio de individuos dentro de cada radio para los niveles del gradiente y por último la altura se midió directamente en el campo.

Además, se comparó los atributos de la especie con el test de Bonferroni que utiliza la probabilidad que expresa el nivel de confianza dividida por el número de comparaciones previstas (Morales, 2011).

Para verificar si las características de la estructura poblacional varían a lo largo del gradiente altitudinal se empleó un análisis de regresión lineal (LM), complementado por el análisis de varianza (ANOVA) y modelos lineales generalizados mixtos (GLMM).

Los modelos de regresión lineal son modelos probabilísticos basados en una función lineal, expresados por una variable en función de otro conjunto de variables. Se crea un objeto que puede ser referenciado por cualquier función como es el análisis de la varianza. La función que se usó para ajustar el ANOVA (Cayuela, 2011) es la misma del modelo de regresión lineal. La fórmula del LM está dada por:

$$\text{objeto} <- \text{lm}(y \sim x_1 + x_2 + \dots + x_n, \text{data}=\text{datos})$$

donde:

y: variable de respuesta (altura y área de copa media).

x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>,..., x<sub>n</sub>: variables explicativas (altitud, topografía, precipitación anual, temperatura media y radio).

data: tabla de datos que contiene las variables del modelo.

Los modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) combinan las propiedades de los dos marcos estadísticos que se utilizan ampliamente en ecología y evolución, los modelos lineales mixtos (que incorporan efectos aleatorios) y los modelos lineales generalizados (que manejan datos no normales mediante el uso de funciones de enlace y de la familia exponencial). Los GLMM son la mejor herramienta para el análisis de datos no normales que involucran los efectos aleatorios; todo lo que tiene que ver con especificar una distribución, función de enlace y la estructura de los efectos aleatorios (Bolker *et. al.* 2008).

Los modelos están formados por los atributos de la especie: altura y área de copa media en función de la topografía (plano y pendiente); con interacciones de gradiente,

precipitación, temperatura y los radios señalados. Todos los análisis se realizaron utilizando el lenguaje en R Project versión 2.11.1, con las funciones del paquete Spatstat (Baddeley & Turner, 2005).

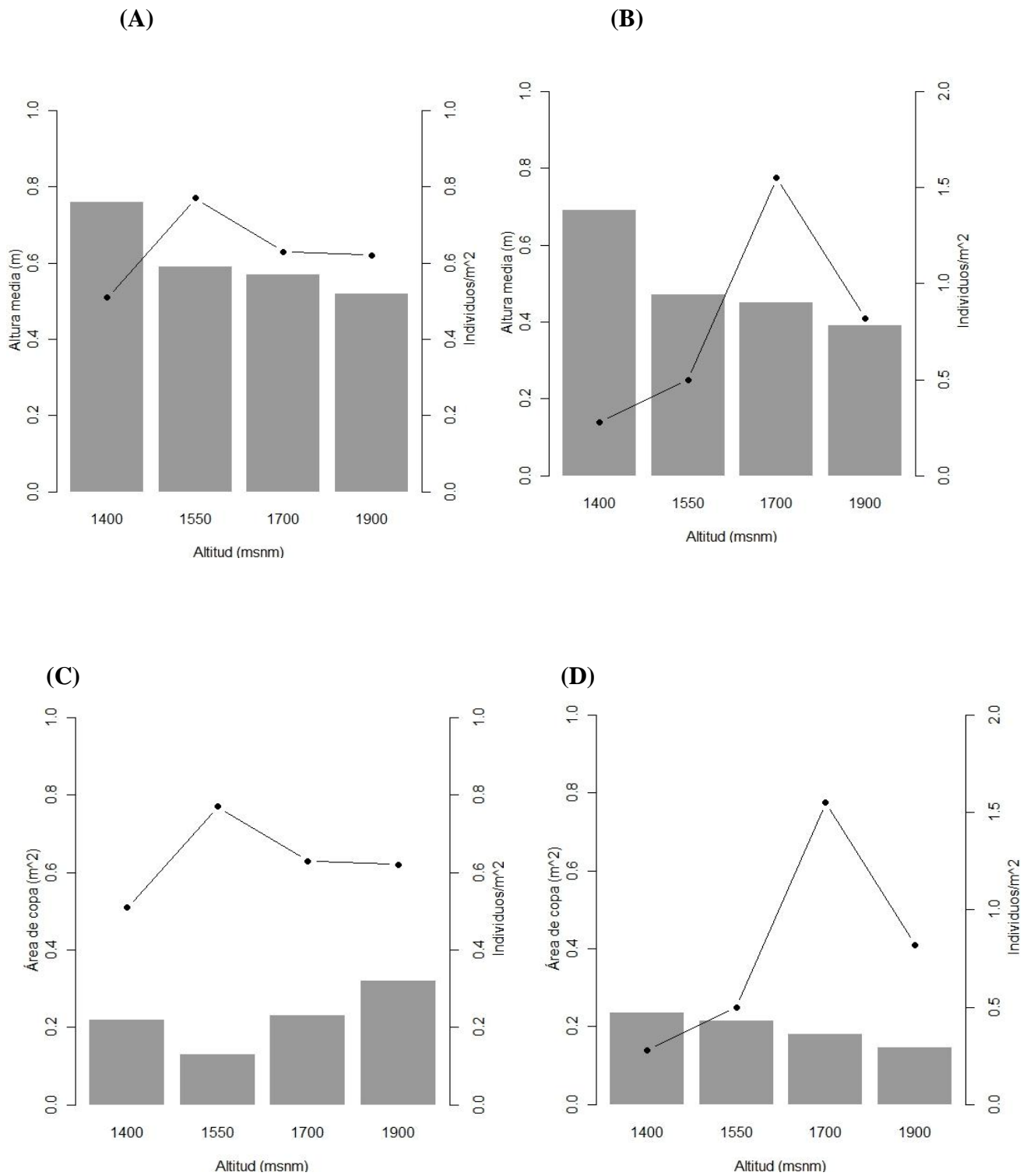
#### IV. RESULTADOS

La población estudiada de *Croton wagneri* esta conformada por 10852 individuos en un área total de 14400m<sup>2</sup> (16 parcelas) a lo largo del gradiente altitudinal; existiendo variaciones significativas en los atributos de la especie en función de las variables ambientales y topográficas (Tabla 1).

**Tabla 1.** Atributos estructurales de la población de *Croton wagneri*.

Nivel	Topografía	Código Plot	Gradiente Altitudinal (m s.n.m)	Temperat Media (°C)	Altura media (m)	Área de Copa media(m <sup>2</sup> )	núm. ind* radio	Indiv*m <sup>2</sup>	Dist. Vec.+ cercano
1	Plano	s1p1	1400	36.25	0.84±0.006	0.21±0.012	1	0.78	0.50±0.009
	Pendiente	s1p2	1400	36.25	0.76±0.011	0.23±0.026	4	0.32	0.89±0.031
	Plano	s1p3	1400	36.25	0.68±0.014	0.23±0.034	9	0.23	0.89±0.041
	Pendiente	s1p4	1400	36.25	0.61±0.01	0.22±0.021	0	0.37	0.78±0.024
2	Plano	s2p1	1550	33.87	0.59±0.005	0.16±0.007	1	0.70	0.55±0.009
	Pendiente	s2p2	1550	33.87	0.50±0.007	0.30±0.026	3	0.31	0.88±0.029
	Pendiente	s2p3	1550	33.87	0.44±0.005	0.13±0.008	1	0.68	0.62±0.013
	Plano	s2p4	1550	33.87	0.58±0.005	0.10±0.007	1	0.83	0.47±0.01
3	Plano	s3p1	1700	31.04	0.47±0.005	0.13±0.005	3	0.64	0.56±0.013
	Plano	s3p2	1700	31.04	0.66±0.01	0.33±0.019	0	0.61	0.60±0.012
	Pendiente	s3p3	1700	31.04	0.39±0.003	0.05±0.002	2	2.40	0.32±0.004
	Pendiente	s3p4	1700	31.04	0.51±0.007	0.31±0.023	4	0.70	0.66±0.013
4	Pendiente	s4p1	1900	26.20	0.30±0.003	0.05±0.005	1	0.97	0.55±0.009
	Pendiente	s4p2	1900	26.20	0.47±0.006	0.24±0.019	3	0.66	0.66±0.012
	Plano	s4p3	1900	26.20	0.51±0.007	0.34±0.032	7	0.49	0.68±0.017
	Plano	s4p4	1900	26.20	0.53±0.005	0.29±0.017	0	0.75	0.62±0.012

En cuanto al número de individuos por m<sup>2</sup> en función de la altitud, no se observo un patrón marcado en las parcelas con topografía plana y el mayor número de individuos está a los 1550 m s.n.m. Sin embargo, en las parcelas en pendiente indicaron un patrón ascendente con la gradiente hasta los 1700 m s.n.m. donde disminuye drásticamente a mayor altitud (Figura 2).



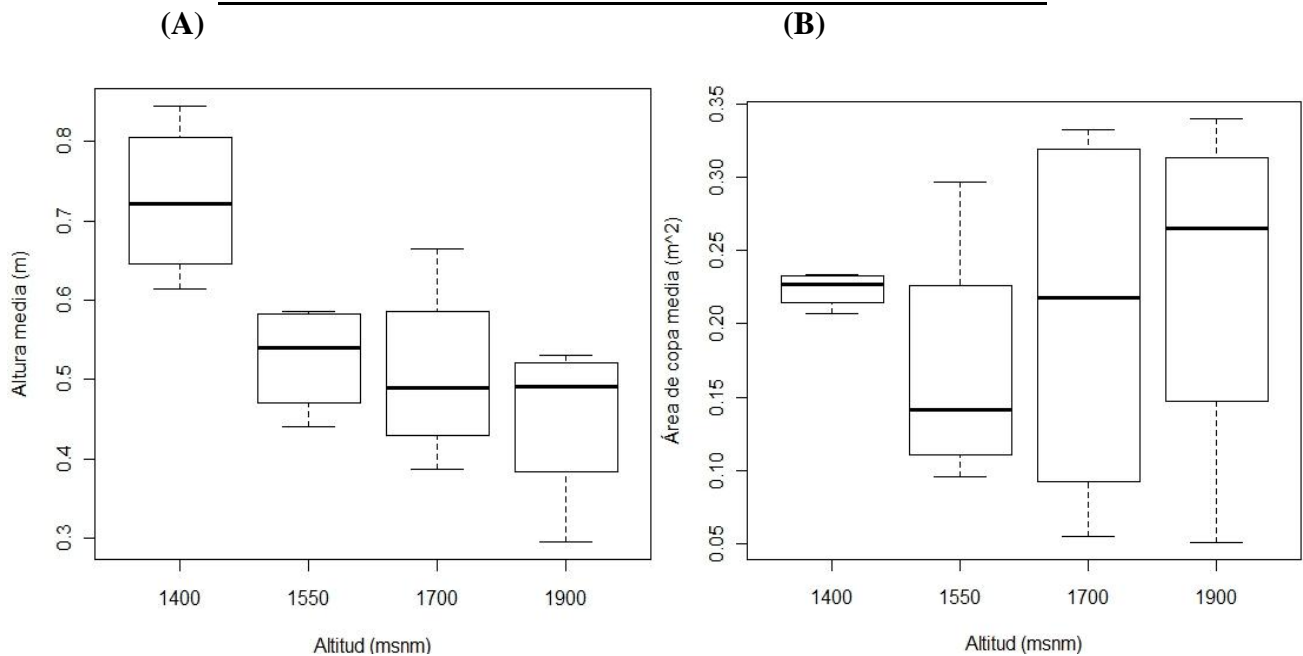
**Figura 2.** Atributos de la especie en función del gradiente y densidad de individuos por m<sup>2</sup>. **A.** Altura media con topografía plana. **B.** Altura media con topografía en pendiente. **C.** Área de copa media con topografía plana. **D.** Área de copa media con topografía en pendiente.

Las comparaciones del test de Bonferroni respecto a la altura media y el gradiente, demostraron diferencia significativa con  $p < 0.0001$  para los 1400 m s.n.m. Para el número de individuos por  $m^2$  se registro un  $p < 0.001$  en los 1400 m s.n.m. y a 1550 m s.n.m. con  $p < 0.1$  (Figura 3; Tabla 2).

**Tabla 2. Test de Bonferroni en función de los atributos de la especie y el gradiente altitudinal.**

Atributo	Altitud	1400		1550	1700
Altura media	1550	<b>1.50E-05</b>	***	—	—
	1700	<b>2.70E-06</b>	***	1	—
	1900	<b>1.70E-08</b>	***	0.3	0.84
Área de copa media	1550	0.84		—	—
	1700	1		1	—
	1900	1		0.67	1
Individuos/ $m^2$	1550	1		—	—
	1700	<b>0.0031</b>	**	<b>0.0781</b>	·
	1900	0.6303		1	0.2526

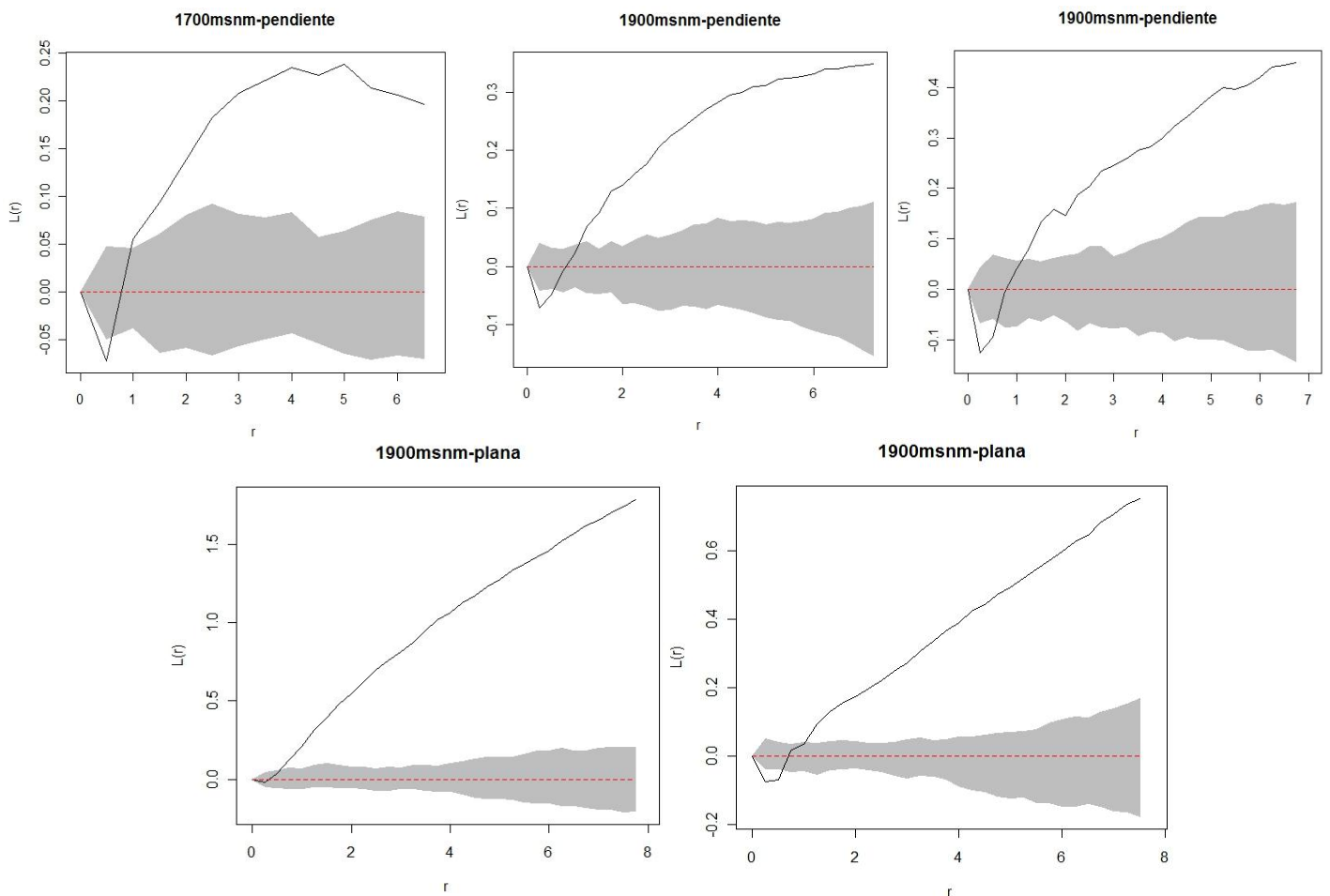
**Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**



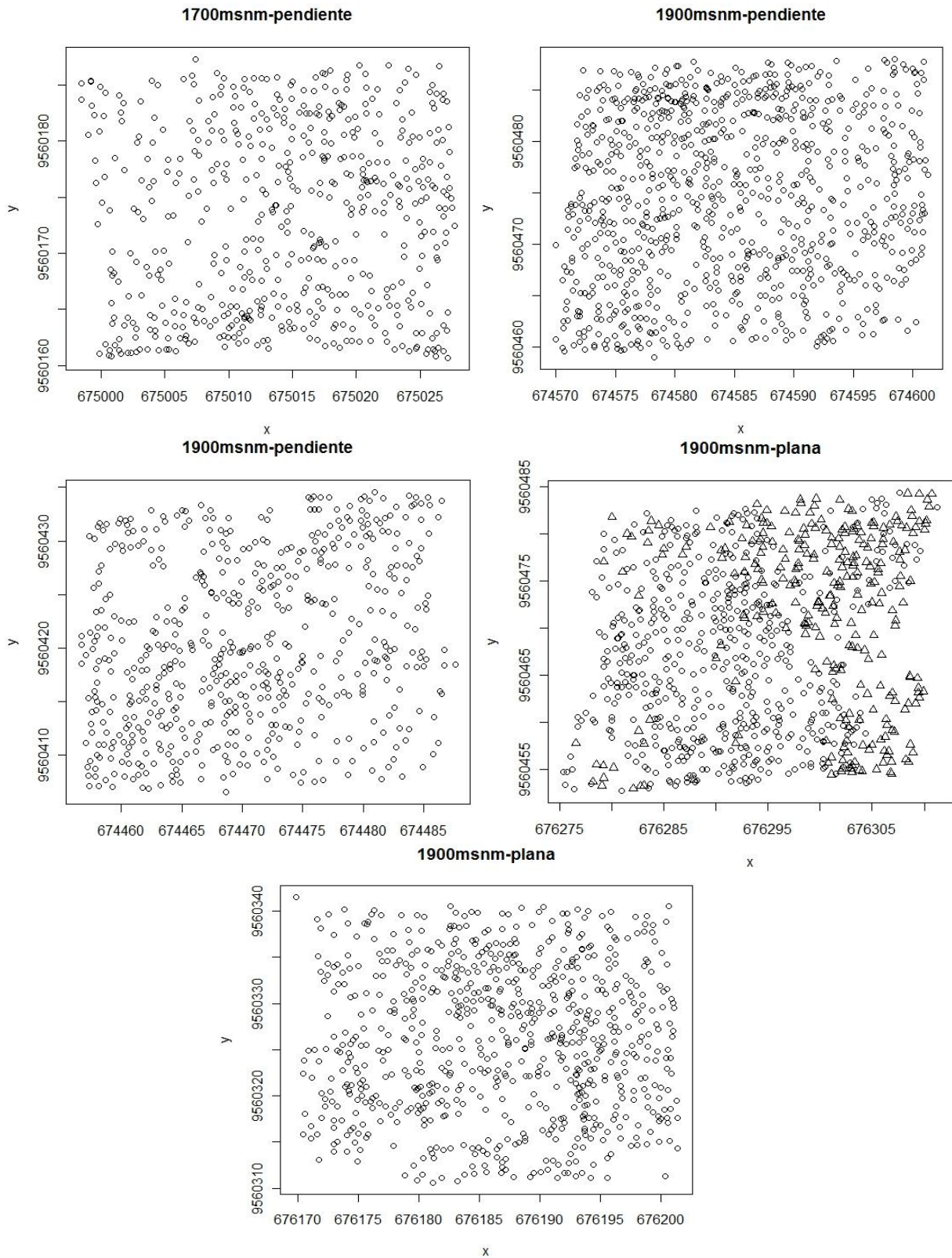
**Figura 3. A. Altura media y B. Área media de copa, las barras indican la desviación estándar.**

#### 4.1. Distribución espacial de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal.

La función  $K(r)$  reveló un patrón espacial *agregado o agrupado* a toda escala para la población de *C. wagneri* en el matorral seco (Anexo 3). La función  $L(r)$  mostró que los niveles 1-2 y 3 del gradiente no presentan diferencia alguna de agregación en las parcelas; a excepción de una parcela ubicada en el nivel 3 a 1700 m s.n.m. En el último nivel (1900 m s.n.m.) los individuos de *C. wagneri* presentaron regularidad a escalas inferiores a 0.5m para continuar con agregación a gran escala (Figura 4). Sin embargo, se pudo observar regularidad a pequeña escala en algunas parcelas (Figura 5).



**Figura 4.** Función  $L(r)$  normalizada.



**Figura 5.** Parcelas con regularidad a pequeña escala. Los círculos representan *C. wagneri* y los triángulos *Croton sp.*



#### 4.2. Influencia de los factores abióticos sobre las características de la estructura poblacional de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal.

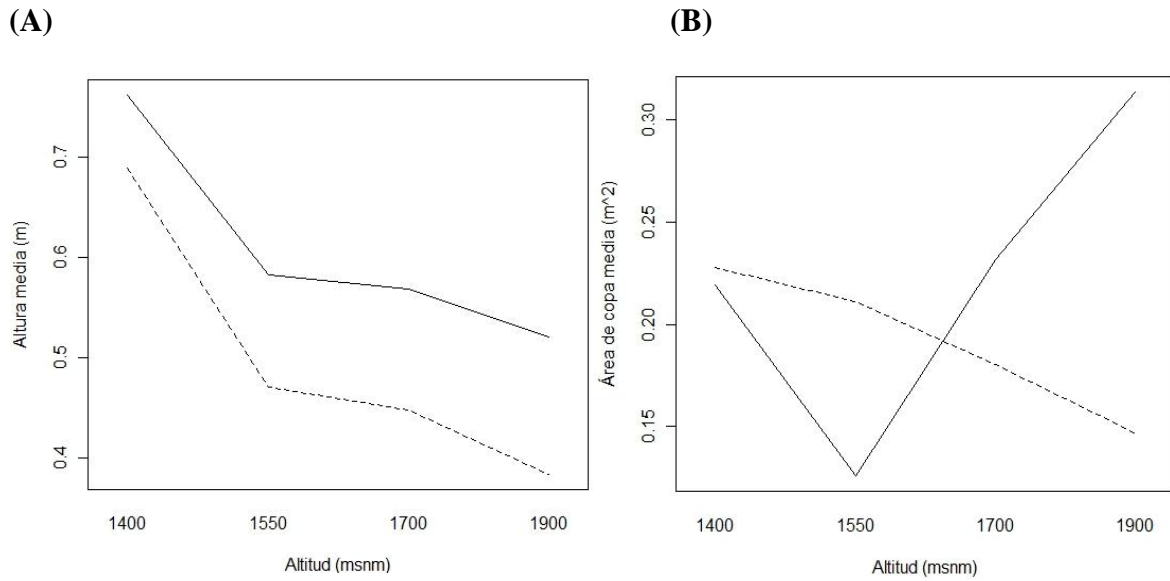
El análisis ANOVA reveló que las variables abióticas son significativas con un p-valor menor a 0.0001 para la altura media de los individuos. Para el área de copa media las variables significativas fueron el gradiente altitudinal con p-valor<0.001 y la topografía con p-valor<0.01 (Tabla 3).

**Tabla 3. ANOVA de los atributos de la especie sobre las variables abióticas.**

Variable	Atributo	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Precipitación anual		1	0.23397	0.233970	44.777	<b>5.054E-08</b>	***
Temperatura media	Altura	1	0.15266	0.152665	29.217	<b>3.230E-06</b>	***
Gradiente altitudinal	media	2	0.12819	0.064095	12.267	<b>7.007E-05</b>	***
Topografía		1	0.14667	0.146673	28.070	<b>4.559E-06</b>	***
Gradiente altitudinal	Área	2	0.087151	0.043576	6.2415	<b>0.004374</b>	**
Topografía	media	1	0.034542	0.034542	4.9476	<b>0.031835</b>	*

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Al analizar las interacciones entre el gradiente y topografía en función de los atributos de la especie se observó que la altura media decrece a medida que aumenta el gradiente inversamente proporcional) para los dos relieves (plano y pendiente). Un patrón similar se observó para el área media de los individuos en las parcelas en pendiente, a diferencia de las planas que se incrementa a partir de los 1550 m s.n.m. (Figura 6).



**Figura 6.** A. Altura media y B. Área media de copa. Interacciones del gradiente y topografía. Las parcelas planas representadas por líneas continuas y las parcelas en pendiente por líneas discontinuas.

El análisis de los modelos lineales generalizados mixtos (GLMM) se ajustó en función de la topografía con interacciones del gradiente, precipitación anual, temperatura media y radio. En cuanto a la altura media las interacciones significativas con  $p$ -valor $<0.0001$  fueron topografía-radio, las altitudes a 1550, 1700 y 1900 m s.n.m. y respecto a la topografía de las parcelas en pendiente para el gradiente 4 (Tabla 4). En el área media de los individuos los análisis mostraron que la interacción topografía-radio y las parcelas en relieve pendiente a los 1700 y 1900 m s.n.m. son las de mayor significancia con  $p$ -valor $<0.0001$  (Tabla 5).

**Tabla 4. Análisis del GLM mixto con el atributo altura media**

<b>Altura media</b>					
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>	
Topografía: radio	8.889E-01	2.228E-02	39.900	<b>&lt; 2e-16</b>	<b>***</b>
Gradiente 2	-1.258E-01	2.100E-02	-5.992	<b>5.32E-07</b>	<b>***</b>
Gradiente 3	-1.411E-01	2.100E-02	-6.718	<b>5.24E-08</b>	<b>***</b>
Gradiente 4	-1.818E-01	2.100E-02	-8.654	<b>1.30E-10</b>	<b>***</b>
Topografía pendiente: radio 1	-7.730E-02	2.572E-02	-3.005	<b>0.00462</b>	<b>**</b>
Topografía pendiente: radio 2	-7.730E-02	2.572E-02	-3.005	<b>0.00462</b>	<b>**</b>
Topografía pendiente: radio 3	-7.730E-02	2.572E-02	-3.005	<b>0.00462</b>	<b>**</b>
Topografía pendiente: gradiente 1	0.263321	0.147902	1.780	<b>0.082806</b>	<b>.</b>
Topografía plana: gradiente 1	0.305600	0.147902	2.066	<b>0.045493</b>	<b>*</b>
Topografía pendiente: gradiente 3	-0.105505	0.055784	-1.891	<b>0.066027</b>	<b>.</b>
Topografía pendiente: gradiente 4	-0.105886	0.028377	-3.731	<b>0.000606</b>	<b>***</b>
Topografía: gradiente	1.52096	0.74596	2.039	<b>0.048275</b>	<b>*</b>
Topografía pendiente: gradiente 4	-0.10589	0.02838	-3.731	<b>0.000606</b>	<b>***</b>

**Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

**Tabla 5. Análisis del GLM mixto con el atributo área de copa media.**

<b>Área media</b>					
	<b>Estimate</b>	<b>Std. Error</b>	<b>t value</b>	<b>Pr(&gt; t )</b>	
Topografía: radio	2.407E-01	4.211E-02	5.716	<b>1.28E-06</b>	<b>***</b>
Topografía: gradiente	-3.536944	1.653043	-2.140	<b>0.038697</b>	<b>*</b>
Precipitación anual	0.007477	0.003016	2.479	<b>0.017617</b>	<b>*</b>
Topografía pendiente: gradiente 1	0.610716	0.283044	2.158	<b>0.037173</b>	<b>*</b>
Topografía plana: gradiente 1	0.597373	0.283044	2.111	<b>0.041278</b>	<b>*</b>
Topografía pendiente: gradiente 2	0.501855	0.252593	1.987	<b>0.054000</b>	<b>.</b>
Topografía plana: gradiente 2	0.499760	0.290212	1.722	<b>0.092983</b>	<b>.</b>
Topografía pendiente: gradiente 3	-0.393704	0.106756	-3.688	<b>0.000688</b>	<b>***</b>
Topografía plana: gradiente 3	-0.318426	0.106756	-2.983	<b>0.004906</b>	<b>**</b>
Topografía pendiente: gradiente 4	-0.200018	0.054305	-3.683	<b>0.000697</b>	<b>***</b>
Topografía: gradiente	4.09668	1.42756	2.870	<b>0.006603</b>	<b>**</b>
Temperatura media	-0.13501	0.05447	-2.479	<b>0.017617</b>	<b>*</b>
Topografía pendiente: gradiente 1	1.27901	0.55008	2.325	<b>0.025361</b>	<b>*</b>
Topografía plana: gradiente 1	1.26567	0.55008	2.301	<b>0.026831</b>	<b>*</b>
Topografía pendiente: gradiente 2	0.83073	0.38323	2.168	<b>0.036347</b>	<b>*</b>
Topografía plana: gradiente 2	0.82864	0.42128	1.967	<b>0.056332</b>	<b>.</b>
Topografía pendiente: gradiente 3	0.48757	0.26916	1.811	<b>0.077775</b>	<b>.</b>
Topografía plana: gradiente 3	0.56285	0.26916	2.091	<b>0.043078</b>	<b>*</b>
Topografía pendiente: gradiente 4	-0.20002	0.05431	-3.683	<b>0.000697</b>	<b>***</b>

**Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1**

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Distribución espacial de *Croton wagneri*, en el gradiente altitudinal.

Los resultados obtenidos muestran que los individuos de *C. wagneri* en el matorral seco presentaron un patrón agregado a gran escala y regular a pequeña escala; el establecimiento y desarrollo de la especie está condicionada por los factores abióticos de altitud, topografía, precipitación y temperatura que influyen en la altura y área de copa de los individuos de *C. wagneri*.

El patrón encontrado en cuanto a la distribución espacial de *C. wagneri* en el matorral seco (agregada, estructura en mosaico o parches), es muy similar al mostrado para otras especies en ecosistemas extremos. Tongway *et. al.* 2004 señala que las zonas áridas y semiáridas están caracterizadas por la heterogeneidad espacial de la vegetación y de las condiciones ambientales, que a su vez causa la redistribución de los recursos. La variación de los factores abióticos que se refleja en los patrones de distribución, abundancia de las especies vegetales (Santibáñez *et. al.* 2009); y las unidades de un paisaje heterogéneo interactúan entre ellas, siendo funcionales a varias escalas (Tongway *et. al.* 2004). Maestre, (2002) afirma que rara vez las especies vegetales perennes se distribuyen de manera aleatoria o regular, de preferencia agregadas o en forma de gradientes, ya sean lineales o no, por lo que quedó establecido que la distribución de *C. wagneri* en el espacio no es aleatoria.

En el caso de *C. wagneri* el patrón agregado se debe principalmente a que funciona como una especie nodriza, sus frutos son cápsulas dehiscentes que se abren espontáneamente a la madurez para liberar sus semillas y dejarlas caer, este podría ser uno de los fenómenos por el cual la especie se agrupa brindando protección y condiciones favorables para el crecimiento de sus plántulas y otras especies. Zenteno *et.*

al. (2009) resalta la existencia de plantas nodrizas que establecen micro-habitas con condiciones abióticas propicias; pues toda especie en etapas tempranas requiere condiciones muy particulares de humedad, precipitación, tipo de suelo y radiación lumínica en ambientes semiáridos.

En un experimento realizado con *Stipa tenacissima* L. y *Cistus clusii* Dunal (nodriza) especies de ambientes semiáridos mediterráneos, comprobaron que las interacciones del arbusto sobre *S. tenacissima* pueden variar en función de la fase vital de las plantas. A largo plazo, este balance entre *C. clusii* y las distintas fases vitales de *S. tenacissima* es el responsable del patrón espacial (Armas, 2004). *C. wagneri* en el matorral seco funciona como especie nodriza al formar parches y facilitar el desarrollo de especies vegetales anuales, perennes y algunas cactáceas como *Alternanthera porrigens* (Jacq.) Kuntze, *Baccharis salicifolia* (Ruiz & Pav.) Pers., *Gaya calyptata* (Cav.) Kunth, *Malvastrum tomentosum* (L.) S.R. Hill, *Onoseris salicifolia* Kunth, *Pavonia sepium* A. St.-Hil., *Tetramerium nervosum* Nees, *Lantana canescens* Kunth, *Evolvulus sericeus* Sw., *Opuntia cylindrica* (Lam.) DC. y *Ayenia* sp. (Herbario HUTPL) que crecen bajo la sombra de los individuos de *C. wagneri*. Para Matías, (2004) la presencia de arbustos en este tipo de ecosistema está directamente relacionada con la aparición de islas de fertilidad, a las que también se les ha denominado mosaicos de acumulación o de disponibilidad de nitrógeno que están determinadas por la interacción de diversos factores abióticos y bióticos.

En la vegetación de los ecosistemas extremos influyen interacciones como: planta-planta, planta-animal y animal-animal, además de numerosos procesos que actúan de manera simultánea, entre ellos los recursos edáficos, las interacciones de competencia y facilitación, los patrones de dispersión de las semillas y la presencia de microambientes

adecuados para la germinación, así como fenómenos de naturaleza aleatoria (Maestre, 2002).

Además, de lo mencionado se podría asumir que el patrón espacial de *C. wagneri*, puede estar afectado por las siguientes relaciones o factores:

A) Relaciones de facilitación y competencia. Tirado (2003), estudio la importancia de la facilitación entre plantas en ecosistemas con condiciones ambientales severas en diferentes ambientes, ya que la estructura de la comunidad vegetal contiene información que relaciona los patrones espaciales con los procesos ecológicos afirmando que si se intensifican las condiciones ambientales predominan las interacciones de signo positivo (facilitación), mostrando que la agregación espacial puede ser una medida indirecta de la facilitación. Las poblaciones bajo estrés ambiental tienden a estar estructuradas por relaciones de facilitación. La aparición de *C. wagneri* como una especie dominante y benefactora aumenta la diversidad y agrupamiento de especies en comparación con los espacios abiertos. La facilitación principalmente se observa en altitudes más bajas, es decir, mayor temperatura.

B) Factores abióticos como los recursos edáficos y ambientales se ven reflejados en los patrones de variación espacial de las comunidades, que pueden estar determinados por la variación espacial de los factores ambientales que las afectan; además de estar relacionados con la variación ambiental temporal, en ausencia de cualquier variación ambiental espacial fija. En la altitud 4 (1900 m s.n.m.) las condiciones ambientales son diferentes, por ejemplo las temperaturas son más bajas y se podría estimar que las semillas de *C. wagneri* se dispersan mejor por el viento. Las necesidades energéticas y tolerancia térmica pueden poner un límite altitudinal a la distribución de especies, así

como disponibilidad de recursos, variables climáticas, y otros factores que influyen en su reproducción y supervivencia (Sandoval, 2010).

## **5.2. Influencia de los factores abióticos sobre las características de la estructura poblacional de *Croton wagneri* Müll. Arg., en el gradiente altitudinal.**

En cada una de las altitudes, la altura media de los individuos es diferentes con un  $p$ -valor  $< 0.0001$  (Figura 5A); a medida que descendemos por el gradiente se incrementa la altura. La altitud 1 (1400 m s.n.m.) al parecer es el lugar óptimo para el establecimiento de la especie con alturas entre 0.61 a 0.84m, la estructura cambia en función de la escala espacial local (R1, R2 y R3) y de la topografía. Santibáñez *et. al.*, (2009) señala que la formación de parches está determinada por la variación topográfica, existiendo una fuerte relación entre el relieve y los patrones de distribución; esta variación topográfica está estrechamente relacionada con la pendiente, profundidad del suelo y la formación de microambientes resultado de esta variación topográfica.

Las variables climáticas de precipitación y temperatura no siguieron un patrón sobre la altura de los individuos; la precipitación es característica para las altitudes 1 (1400 m s.n.m) y 4 (1900 m s.n.m) siendo los sitios de menor y mayor altitud, respectivamente. Además en la altitud 4 la temperatura es quien condiciona el desarrollo de la especie. Santibáñez *et. al.* (2009) asevera que el desarrollo de microambientes juegan un papel importante en el mantenimiento de la diversidad, debido a la presencia de una gran variedad de ellos puede crearse una amplia gama de condiciones favorables para un mayor número de especies. En el campo se observó que a 1400 m s.n.m. es mayor la diversidad de especies en comparación a los 1900m s.n.m.

El área media de la copa está determinada por las interacciones de la altitud y las variables climáticas, cada altitud con áreas heterogéneas dependiendo del relieve de la

parcela, donde se encuentra arbustos con áreas de 0.05m hasta 0.34m en una misma gradiente.

En la altitud 1 a 1400 m s.n.m. tanto el área como altura de los individuos aparentemente sigue un patrón respecto a las variables climáticas y de topografía. En estudios similares Gutiérrez & Squeo (2004) sostienen que la interacción entre el régimen de precipitaciones, temperaturas, pendiente del suelo y vegetación que se establece bajo su sombra alcanzan un equilibrio. A pesar de la considerable variación y disminución que experimentan los parches en ecosistemas semiáridos no se generan cambios en la vegetación a lo largo del tiempo; es decir, son muy estables. Para Maestre *et. al.* (2005) el rendimiento de las plantas en ecosistemas áridos y semiáridos es una respuesta a la disponibilidad de agua en el suelo, en lugar de la precipitación en sí, sin desestimar que las dos variables están fuertemente relacionadas; siendo la precipitación un sustituto válido del estrés abiótico. La presencia de individuos cercanos alivia gran parte del estrés abiótico mejorando las condiciones del suelo y microclima. Dependiendo de la topografía los niveles de disponibilidad de agua pueden ser altos o bajos (en planos o pendientes).

Finalmente otro factor importante son las interacciones suelo-planta que juegan un papel determinante en la estabilidad de la cobertura de arbustos leñosos (Gutiérrez & Squeo, 2004). Los arbustos y hojarasca depositada bajo ellos permiten que la precipitación sea absorbida por las capas superiores del suelo y quede disponible para la absorción de las plantas, por ello las fluctuaciones espaciales en los factores abióticos influyen directamente en la estructura de la comunidad y las diferencias microclimáticas determinan la distribución de las especies. A pesar de ello según Santibáñez *et. al.* (2009), existen especies que son susceptibles y no susceptibles a la variación



micro-ambiental y *C. wagneri* puede ser una de aquellas, que está distribuida a lo largo del gradiente adaptada a las condiciones extremas del lugar.

## VI. CONCLUSIONES

La población estudiada de *C. wagneri* presento un total de 10852 individuos en 14400m<sup>2</sup>, presentó un patrón espacial agregado o agrupado a toda escala en el matorral seco.

*C. wagneri* se considera una especie nodriza del matorral seco, por brindar las condiciones propicias de micro-hábitat para el establecimiento de algunas plántulas como *Alternanthera porrigens*, *Baccharis salicifolia*, *Gaya calyprata*, *Malvastrum tomentosum*, *Onoseris salicifolia*, *Pavonia sepium*, *Tetramerium nervosum*, *Lantana canescens*, *Evolvulus sericeus*, *Opuntia cylindrica* y *Ayenia* sp.

La agregación de *C. wagneri* está condicionada por las relaciones de facilitación y competencia, así como también por factores abióticos: climáticos y edáficos en el matorral seco.

Los atributos de área de copa y altura de *C. wagneri* está limitada principalmente por el relieve de topografía y el gradiente altitudinal; siendo la altitud 1 a 1400 m s.n.m el sitio con las mejores condiciones para el crecimiento y desarrollo de la especie con diámetros de área y altura óptimos.

La altura media de los individuos de la poblacional de *C. wagneri* a lo largo del gradiente es inversa, es decir, a medida que ascendemos disminuye la altura de los individuos.

El área de copa media de los individuos de la población de *C. wagneri* a lo largo del gradiente es inversamente proporcional para las parcelas en pendiente, un patrón no definido se observo en las parcelas planas.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre, Z. & Delgado, T. (2005). Vegetación de los bosques secos de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja. pp 9-24. En: Vázquez, M.A., Freire, J.F. & Suárez, L. (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos de la zona de Cerro Negro-Cazaderos, occidente de la provincia de Loja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, MAE y Proyecto Bosque Seco. Quito.

Aguirre, Z. & Kvist, P. (2005). Floristic composition and conservation status of the dry forests in Ecuador. *Lyonia a journal of ecology and application*. Volumen 8(2).

Aguirre, Z., Linares-Palomino, R. & Kvist, P. (2006). Especies leñosas y formaciones vegetales en los bosques estacionalmente secos de Ecuador y Perú. *Arnaldoa*. Volumen 13(2). pp 324-346.

Armas, C. (2004). Balance de la interacción entre plantas superiores en ambientes semiáridos: mecanismos y procesos. *Ecosistemas*. Volumen 13(3). pp 118-122.

Baddeley, A. & Turner, R. (2005). Spatstat: an R package for analyzing spatial point patterns. *Journal of Statistical Software*. Volumen 12(6), 1-42. URL: [www.jstatsoft.org](http://www.jstatsoft.org).

Bolker, B.M., Brooks, M.E., Clark, C.J., Geange, S.W., Poulsen, J.R., Stevens, M.H.H & White, J.S.S. (2008). Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*. Volumen 24(3). pp 127-135.

Cayuela, L. (2011). Modelos lineales: Regresión, ANOVA, ANCOVA. Área de Biodiversidad y Conservación, Universidad Rey Juan Carlos, Departamental 1-DI. 231, c/ Tulipán s/n. E-28933 Móstoles (Madrid), España.

De La Cruz, M. (2006). Introducción al Análisis de los datos mapeados o algunas de las

(muchas) cosas que puedo hacer si tengo coordenadas. *Ecosistemas*. Volumen 15(3). pp 19-39.

De la Cruz, M. (2008). Métodos para analizar datos puntuales. En: Maestre, F.T., Escudero, A.Y. & Bonet, A. eds. *Introducción al análisis espacial de datos en ecología y ciencias ambientales: Métodos y aplicaciones*. Madrid, Asociación Española de Ecología Terrestre, Universidad Rey Juan Carlos y Caja de Ahorros del Mediterráneo. pp 76–127.

De la Torre, L., Navarrete, H.P., Muriel, M., Macía, M.J. & Balslev, H. (eds.) (2008). *Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador*. Herbario QCA de la Escuela de Ciencias Biológicas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador & Herbario AAU del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Aarhus. Quito & Aarhus. pp 322-323.

Gentry, A. 1993. *A Field Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwest South America: (Colombia, Ecuador, Peru): with supplementary notes on herbaceous taxa*. Washington, DC., Conservation International. p 894.

Ginocchio, L. (2005). *Diagnostico Socioeconómico de la Cuenca Binacional Catamayo-Chira*. Proyecto Binacional Catamayo-Chira. Tomo 21: Documento de Cuenca. Consorcio “Los Ceibos”.

Gutiérrez, J.R. & Squeo, F.A. (2004). Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas*. Volumen 13(1). pp 36-45.

Gutiérrez, J.R. (2001). Importancia de los arbustos leñosos en los ecosistemas de la IV Región. pp 253-260. En: Squeo, F.A., Arancio, G. & Gutiérrez, J.R. (eds). *Libro Rojo de la Flora de la Región de Coquimbo y de los Sitios Prioritarios para su Conservación*:

Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena.

Jorgensen, P.M. & León-Yanez, S. (1999). Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Missouri Botanical Garden, St. Louis, Missouri, USA. pp 1181.

Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur de Ecuador. pp 29-49 En: Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E. & Balslev, H. (eds.). Botánica Austroecuatoriana. Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Abya Yala. Ecuador.

Maestre, F., Escudero, A. & Bonet, A. (2008). Introducción al Análisis Espacial de Datos en Ecología y Ciencias Ambientales: Métodos y Aplicaciones. Universidad Rey Juan Carlos. Editorial DYKINSON, S.L. Madrid.

Maestre, F., Valladares, F. & Reynolds, J.F. (2005). Is the change of plant-plant interactions with abiotic stress predictable? A meta-analysis of field results in arid environments. *Journal of Ecology*. Volumen 93. pp 748-757.

Maestre, F.T. (2002). La restauración de la cubierta vegetal en zonas semiáridas en función del patrón espacial de factores bióticos y abióticos. Edición electrónica. Fundación Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, Alicante. pp 386

Maldonado, N. (2002). Clima y vegetación de la región sur del Ecuador. pp 1-28. En: Aguirre, Z., Madsen, J.E., Cotton, E. & Balslev, H. (eds.). Botánica Austroecuatoriana. Estudios sobre los recursos vegetales en las provincias de El Oro, Loja y Zamora Chinchipe. Abya Yala, Ecuador.

Matías, M.L. (2004). Distribución de cactáceas en dos microhabitats de un matorral crasicaule. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Iztapalapa.

Morales, P. (2011). Análisis de varianza para varias muestras independientes. Universidad Pontificia Comillas, Madrid, Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. pp 1-48.

Ruiz Linares, J. & M. Fandiño Orozco, C. (2009). Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Colombia, Caribe suroccidental. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* Volumen 33(126). pp 5-15.

Sandoval, E. (2010). Patrones de variación espacio-temporal del matorral xerófilo en la subcuenca de Zapotitlán, Puebla. Tesis.

Santibáñez, G., Castillo, S., Zavala, J.A., Martínez, Y. & Hernández, M. (2009). La Heterogeneidad Ambiental en un Matorral Xerófilo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* Volumen 85. pp 71-79.

Shiponeni, N., Allsopp, N., Carrick, P.J. & Hoffman, M.T. (2010). Competitive interactions between grass and succulent shrubs at the ecotone between an arid grassland and succulent shrubland in the Karoo. *Plant Ecology.* Volumen 212. pp 795–808.

Tirado Fernández, R. (2003). Interacciones positivas entre plantas: mecanismos y consecuencias. *Ecosistemas.* Asociación Española de Ecología Terrestre. Alicante, España. Volumen 12(2). pp 1-3.

Tongway, D.J., Cortina, J. & Maestre, F.T. (2004). Heterogeneidad espacial y gestión de medios semiáridos. *Ecosistemas.* Volumen 13(1). pp 2-15.

Valencia, R., Cerón, C., Palacios, W. & Sierra, R. (1999). Las formaciones naturales de

la Sierra del Ecuador. pp 79-108. En: Sierra, R. (Ed). (1999). Propuesta Preliminar de un Sistema de clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental. Proyecto INEFAN/GEF- BIRF y EcoCiencia. Quito, Ecuador.

Valencia, R., Pitman, N., León-Yáñez, S. & Jorgensen, P. (2000). Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Ecuador. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito.

Vázquez, M.A. & Josse, C. (2001). Breve introducción a los bosques secos del suroccidente de la provincia de Loja. pp: 9-13. En: Vázquez, M.A., Larrea, M. Suárez, L. & Ojeda, P. (Eds.). Biodiversidad en los bosques secos del suroccidente de la provincia de Laja: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas. EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario LOJA y Proyecto Bosque Seco. Quito.

Webster, G.L. (1993). A provisional synopsis of the sections of the genus *Croton* (Euphorbiaceae). *Taxon* 42. pp 793-823.

Zenteno-Ruiz, F.S., López, R.P., & Larrea-Alcazar, D.M. (2009). Patrones de distribución espacial de *Parodia maassii* (Heese) A. Berger (Cactaceae) en un semidesierto de los Andes subtropicales, la pre puna. *Ecología en Bolivia*. Volumen 44, (2). p 99-108.

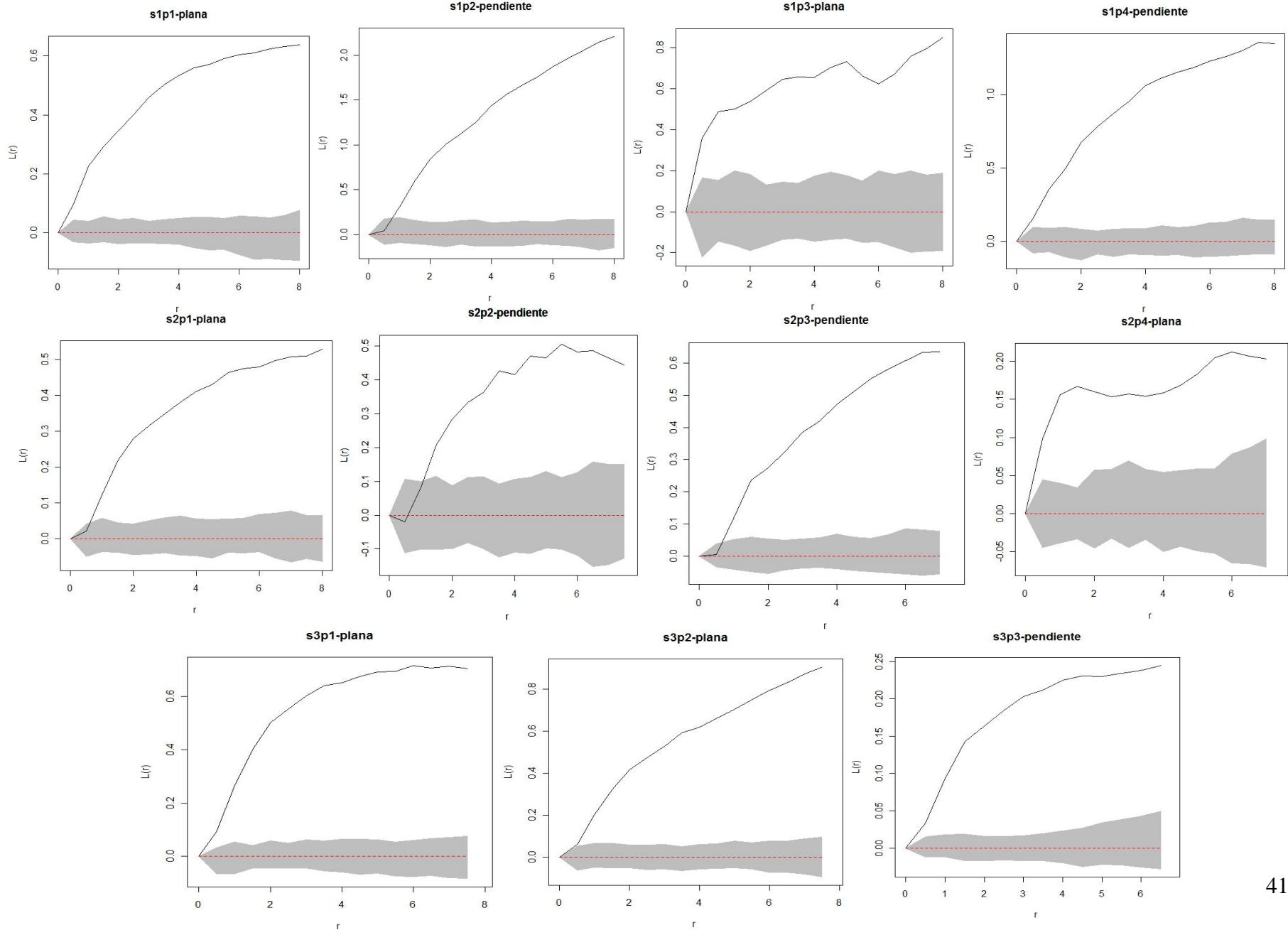
## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Área de estudio.

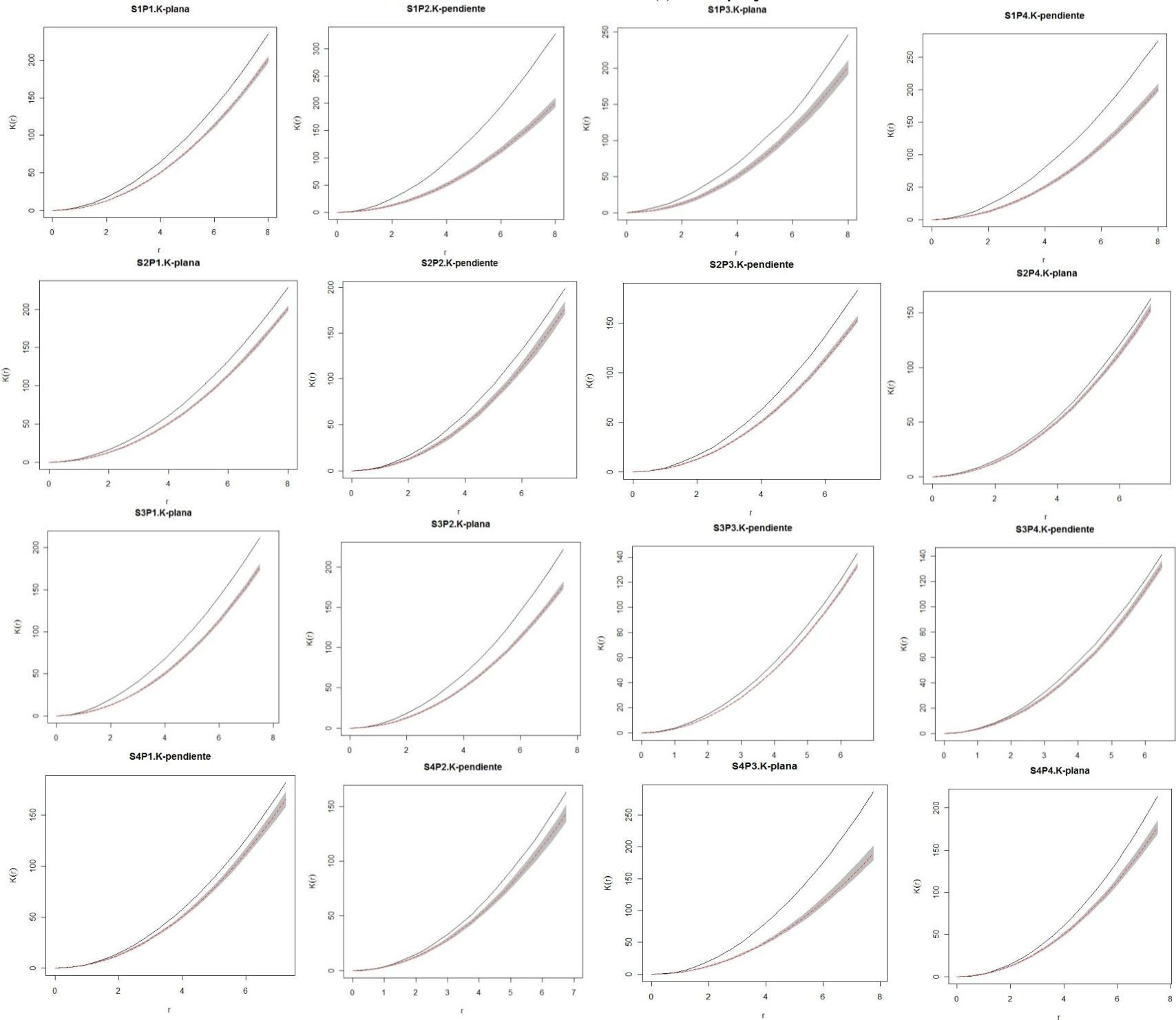




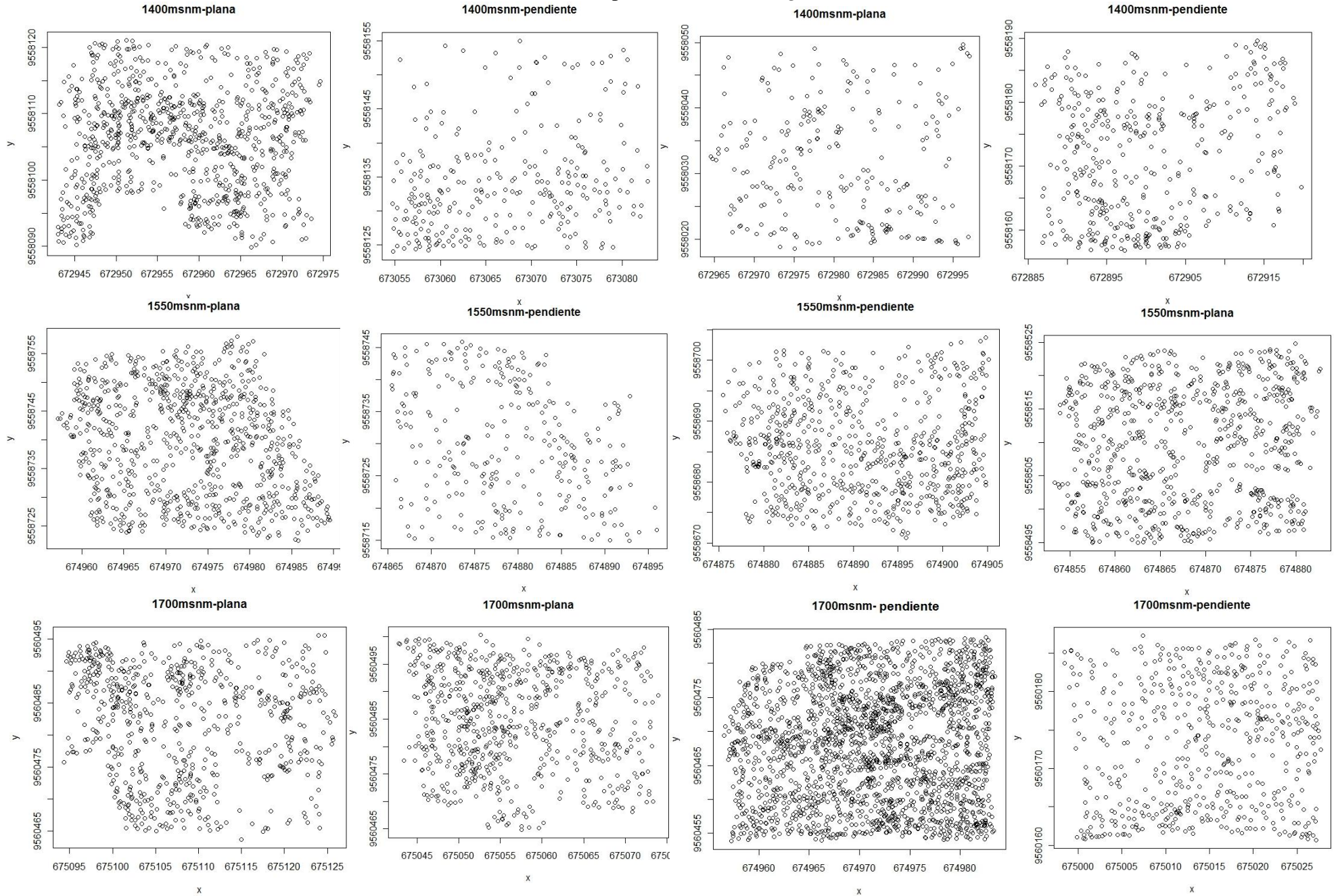
## Anexo 2. Función $L(r)$ normalizada.



### Anexo 3. Función $K(r)$ de Ripley



## Anexo 4. Patrón espacial de *Croton wagneri*.



**Anexo 5.** *Croton wagneri*

