

Los bosques de *Polylepis*: efectos de la fragmentación sobre su regeneración y diversidad genética

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Lima - Perú, 5 al 6 de septiembre del 2015

Prof. Dr. Isabell Hensen

Instituto de Biología / Geobotánica y
Jardín Botánico

Martin-Luther-Universität Halle / Saale

Hensen 1993 (PhD Uni Göttingen) „Ecología vegetal de los bosques de *Polylepis* de la cordillera oriental de Bolivia“

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013





Bosques montañosos tropicales

y el cambio climático:

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

Reducción de dióxido de
carbono

Regiones donde el impacto
del cambio climático
particularmente pronunciado

Regiones donde el impacto
humano particularmente
pronunciado

Uso actual de la tierra

Sistemas agroforestales, pastoreo

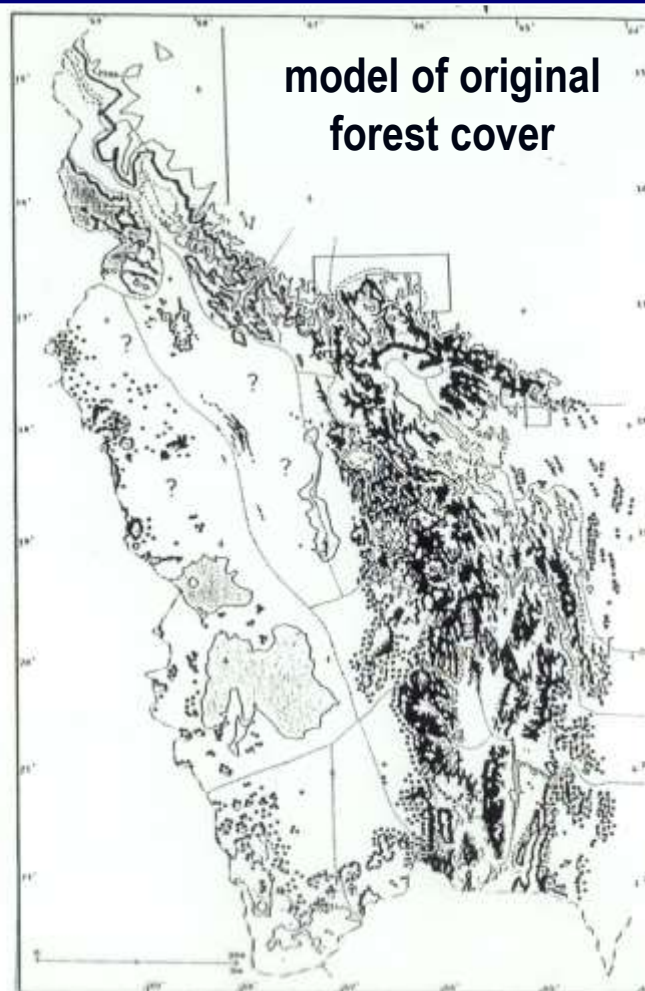
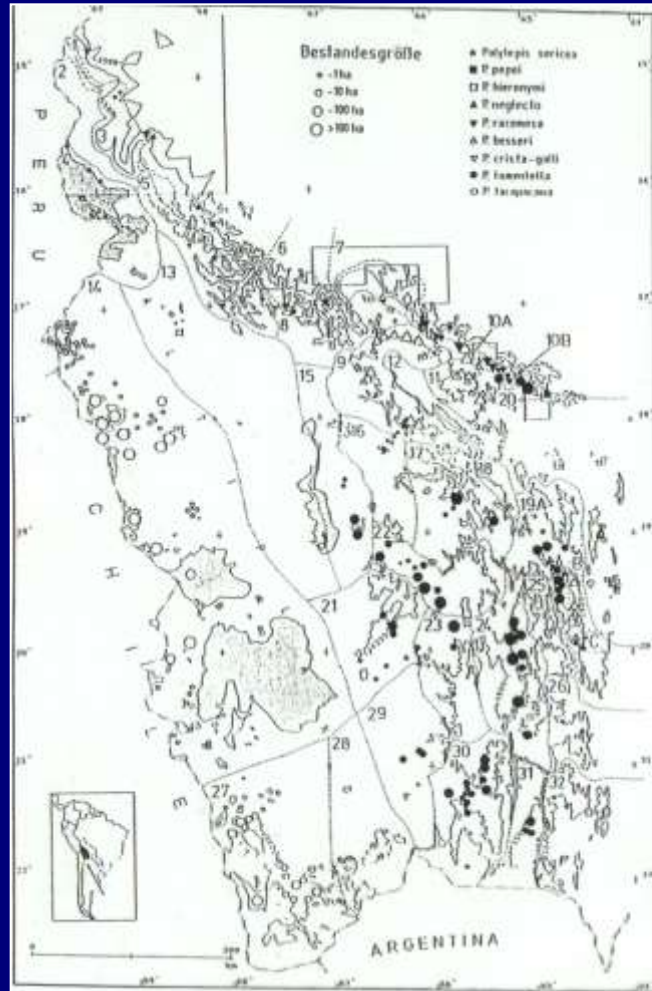


Elevada frecuencia de fuegos, producción de carbón vegetal

Los bosques de *Polylepis* pertenecen a los ecosistemas forestales en mayor peligro de extinción del mundo

(Monitoring World Conservation Centre,
UNEP-WCMC, 2004)

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



model of original
forest cover

En Bolivia >
95 % del
área
original ha
sido
deforestada

Kessler 1995

Resultado: límites de bosques tropicales actuales

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

Distribución fragmentada y discontinuada

Bordes abruptos





2 proyectos:



Argentina: Efectos de la fragmentación, degradación del habitat y variabilidad genética sobre la regeneración de los bosques de *Polylepis australis* (VW Foundation)

Ecuador: Diversidad genética y reproducción de *Polylepis incana* y *P. pauta*; DFG/BMZ)



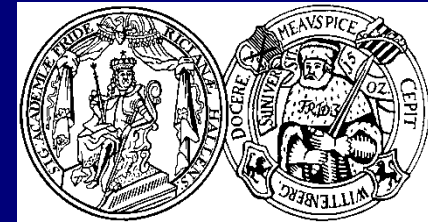
Los bosques de *Polylepis*: efectos de la fragmentación sobre su regeneración y diversidad genética



Efectos de la fragmentación sobre la regeneración de bosques de *Polylepis australis*

Patrones de reproducción a lo largo de gradientes altitudinales y gradientes del impacto humano (*Polylepis incana* y *P. pauta*)

Efectos de la fragmentación sobre la diversidad genética



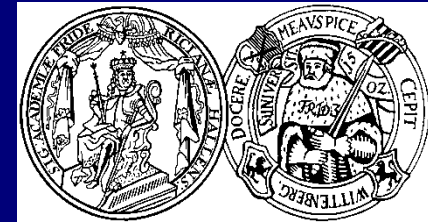


Los bosques de *Polylepis*: efectos de la fragmentación sobre su regeneración y diversidad genética

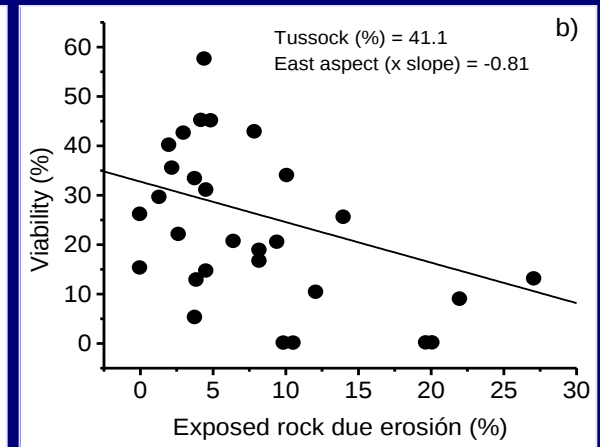
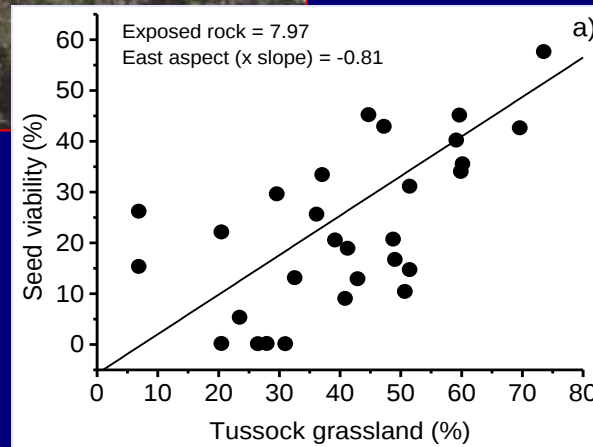
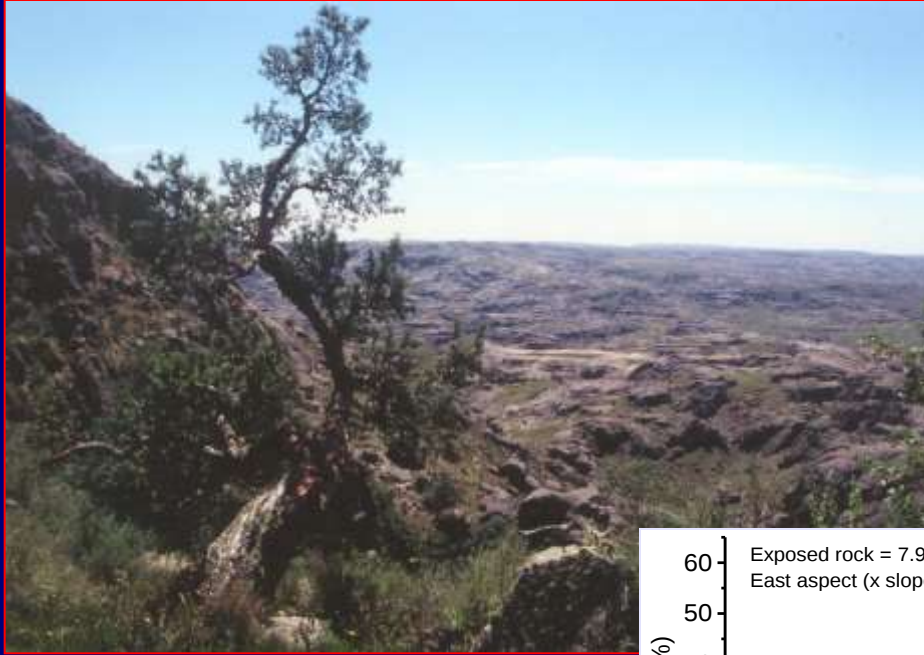


Efectos de la fragmentación sobre
regeneración de bosques de *Polylepis*
australis

Efectos de la fragmentación sobre la
diversidad genética



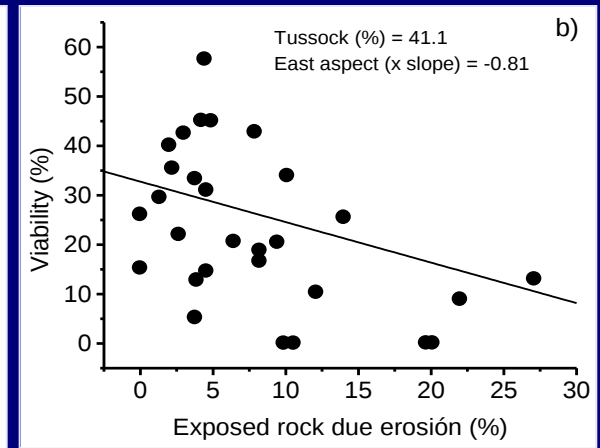
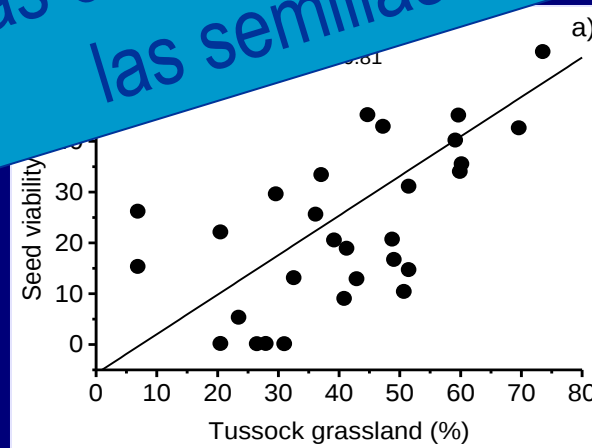
Resultados de estudios previos indican efectos de la degradación del suelo sobre la viabilidad de semillas.



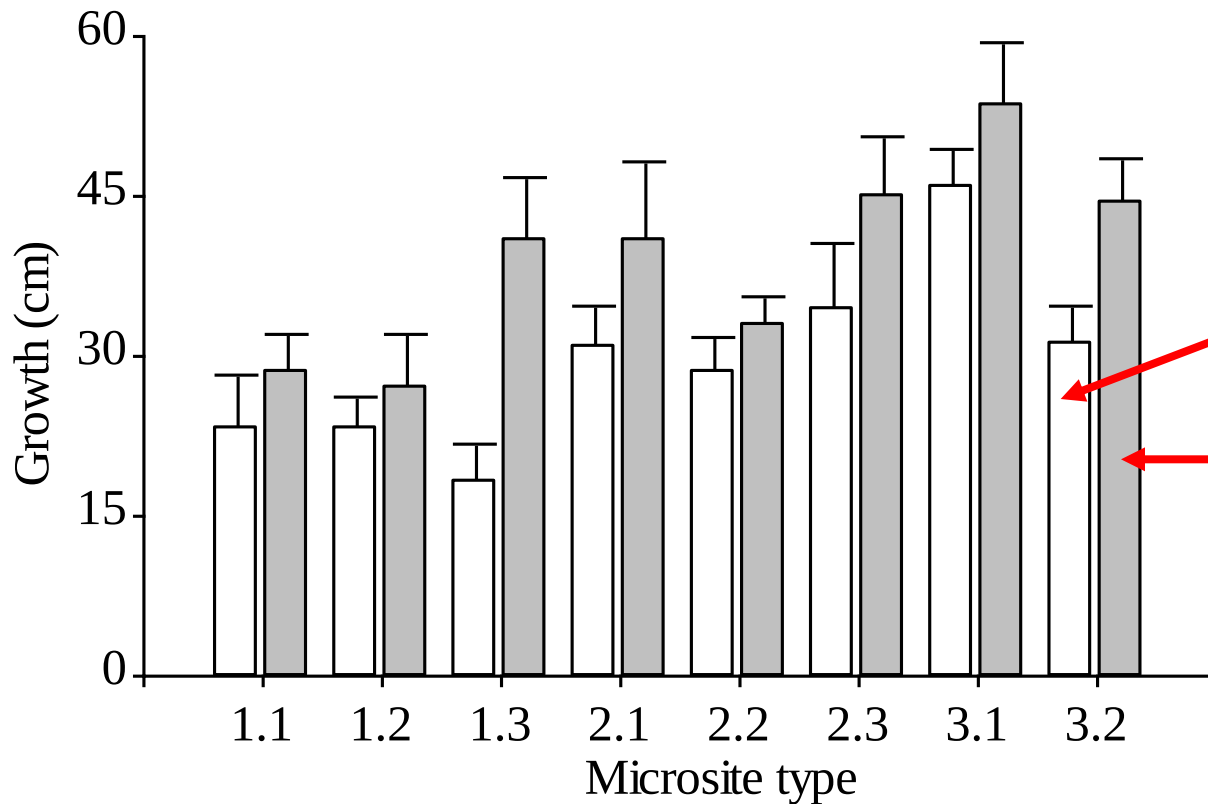
La viabilidad de frutos de *Polylepis australis* disminuye significativamente con el incremento en la degradación del suelo!



Cuáles son las causas de la baja calidad de las semillas?



Crecimiento de plantas jóvenes (5 años) de *P. australis* en diferentes microhabitats con frutos de diferente origen

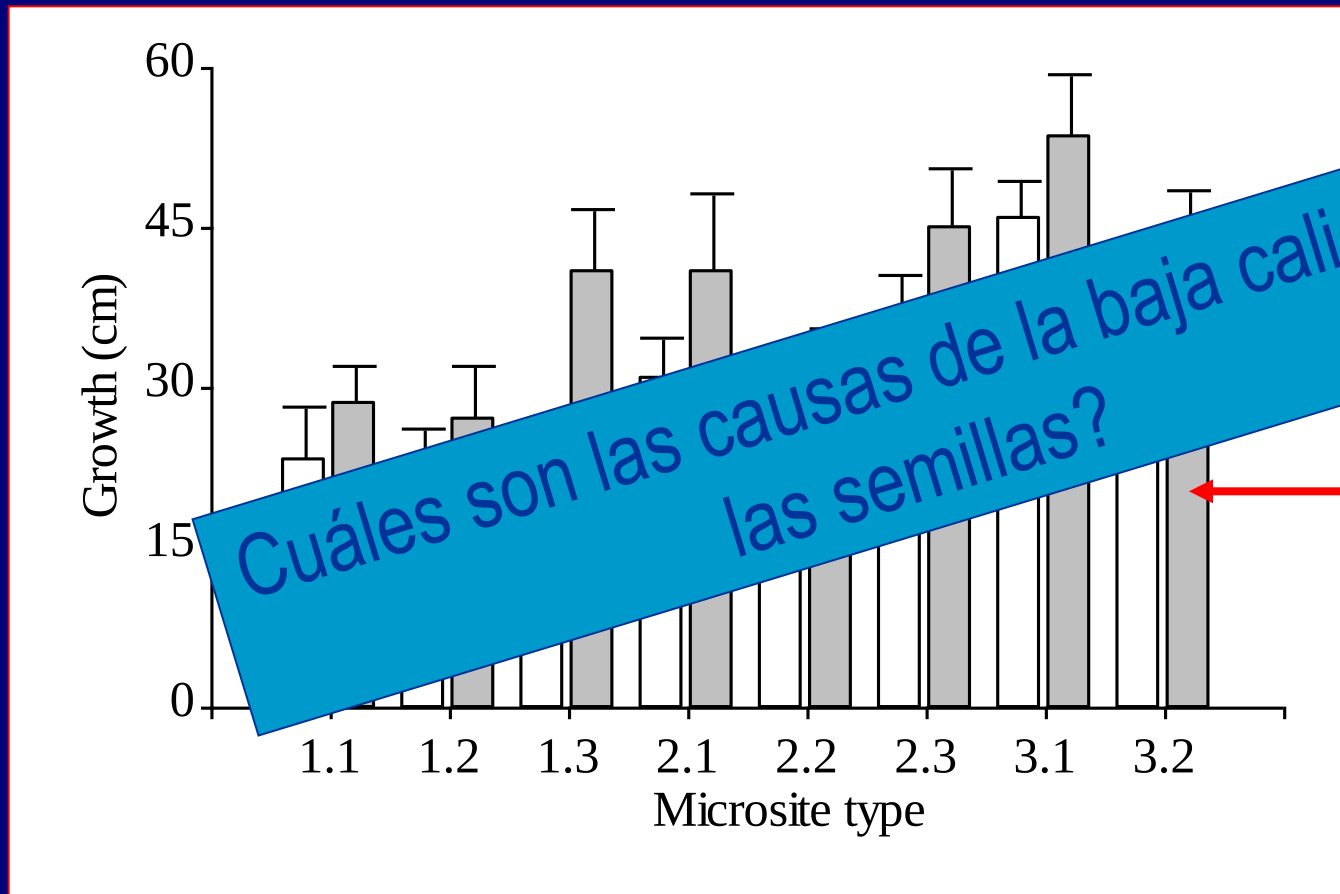


Origen de los frutos

Mayor degradación,
fragmento pequeño

Menor degradación,
fragmento grande

En todos los microhábitats, los frutos de mejor origen crecen mejor que los del peor origen



Cuáles son las causas de la baja calidad de las semillas?

Origen de los frutos

gradación,
pequeño

Menor degradación,
fragmento grande

Baja viabilidad de las semillas de bosques
degradados:

Podría ser que la fragmentación
afecta negativamente la eficiencia de
la polinización?



III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

Influencia de la fragmentación sobre la eficiencia de la polinización de bosques de *Polylepis australis*



Dissertation
Peggy Seltsmann

Influencia de la fragmentación sobre la eficiencia de la polinización de bosques de *Polylepis australis*

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Mendoza, Argentina, 2 al 6 de Septiembre del 2013

SELTMANN, P., LEYER, I., RENISON, D. & I. HENSEN 2007. Variation of seed mass and its effects on germination in *Polylepis australis*: implications for seed collection. – New Forests 33: 171-181.

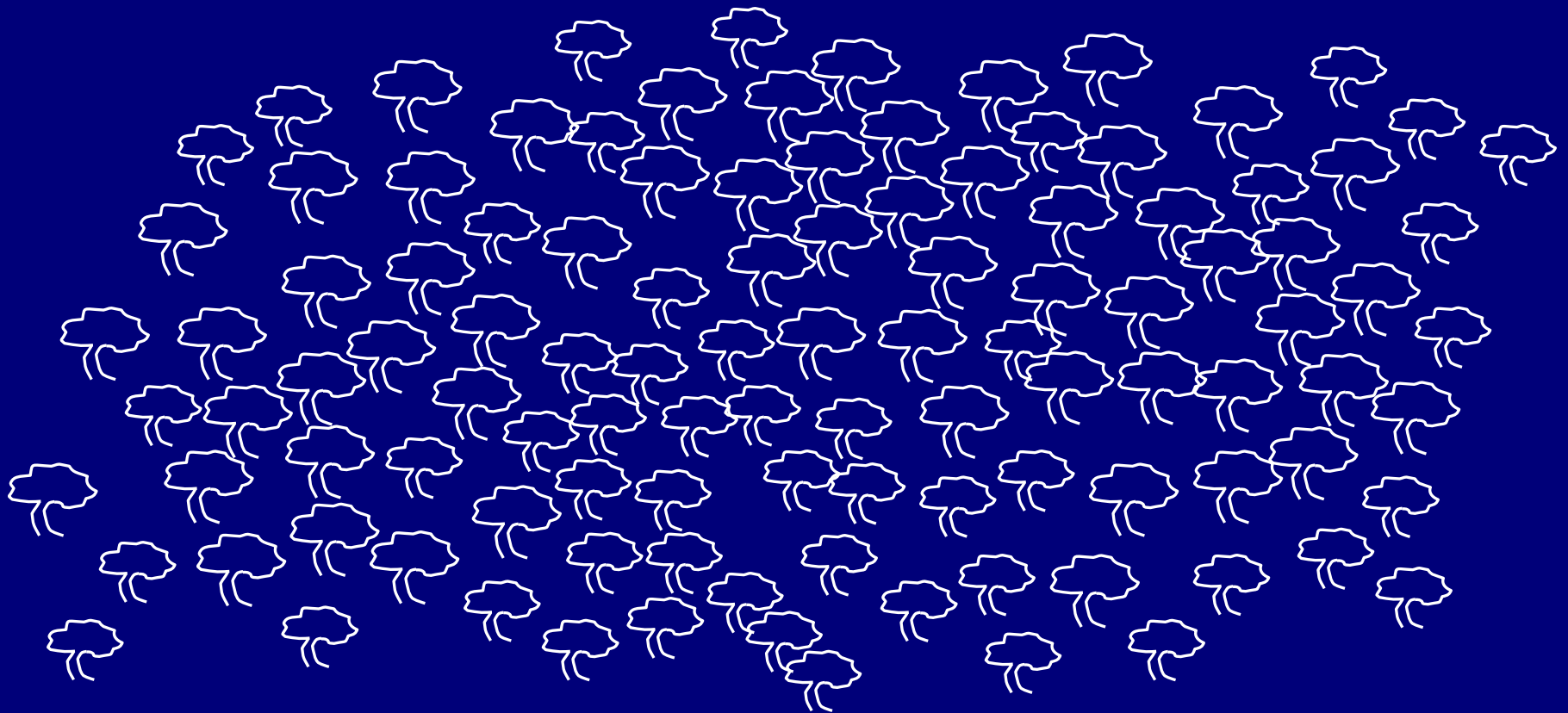
SELTMANN, P., RENISON, D., COCUCCHI, A., I. HENSEN & K. JUNG 2007. Fragment size, pollination efficiency and reproductive success in natural populations of wind-pollinated *Polylepis australis* (Rosaceae) trees. – Flora 202: 547-554.

SELTMANN, P., HENSEN, I., RENISON, D., WESCHE, K., PLOCH, S., RONDAN DUEÑAS, J., COCUCCHI, A. & K. JUNG 2009. Biparental inbreeding depression, genetic relatedness and progeny vigor in a wind-pollinated treeline species in Argentina. – Plant Ecology 205: 155-164.

SELTMANN, P., RENISON, D., HENSEN, I., CIERJACKS, A. & A. COCUCCHI 2009. Mating system, outcrossing distance effects and pollen availability in the wind-pollinated treeline species *Polylepis australis* BITT. (Rosaceae). – Basic and Applied Ecology 10: 52-60.

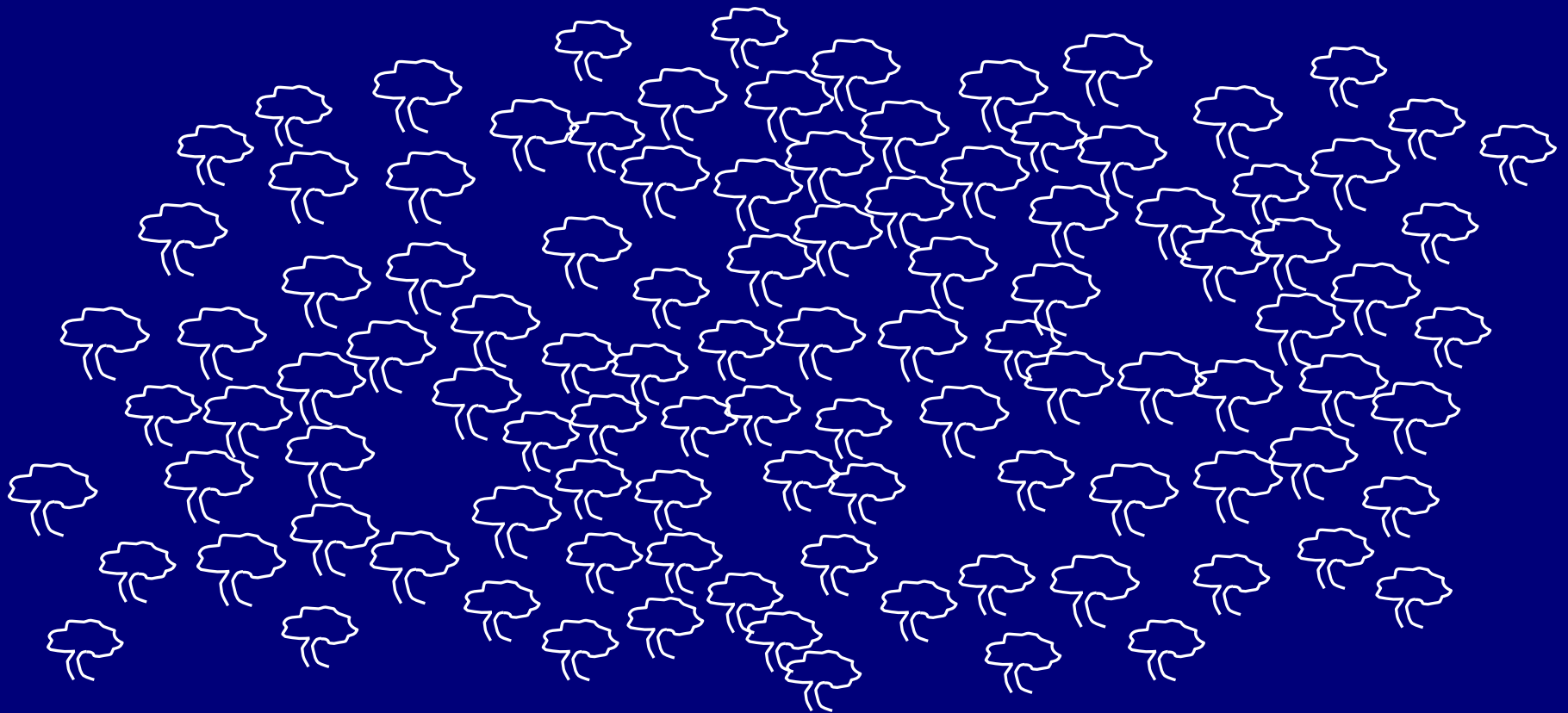
Fragmentación y posibles consecuencias sobre el flujo genético

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



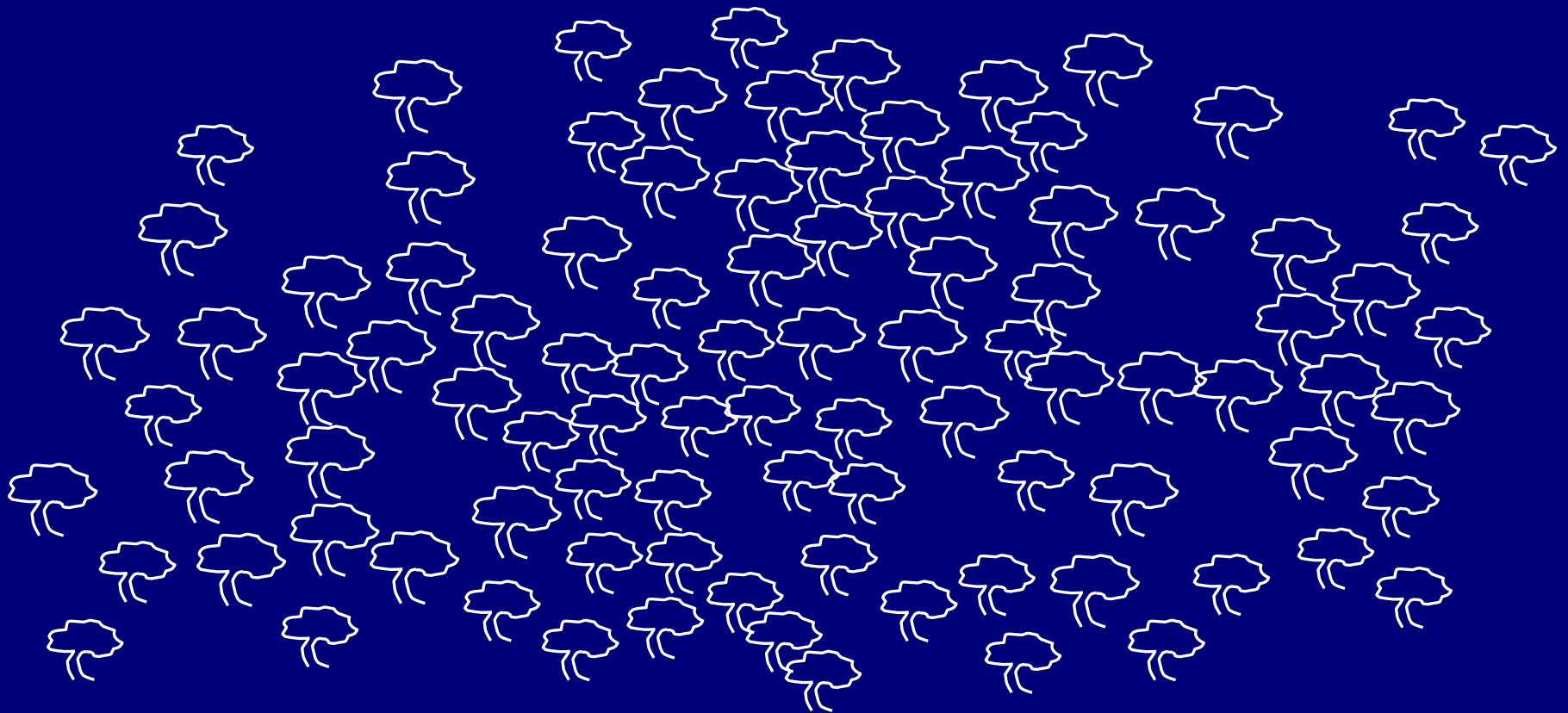
Fragmentación y posibles consecuencias sobre el flujo genético

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



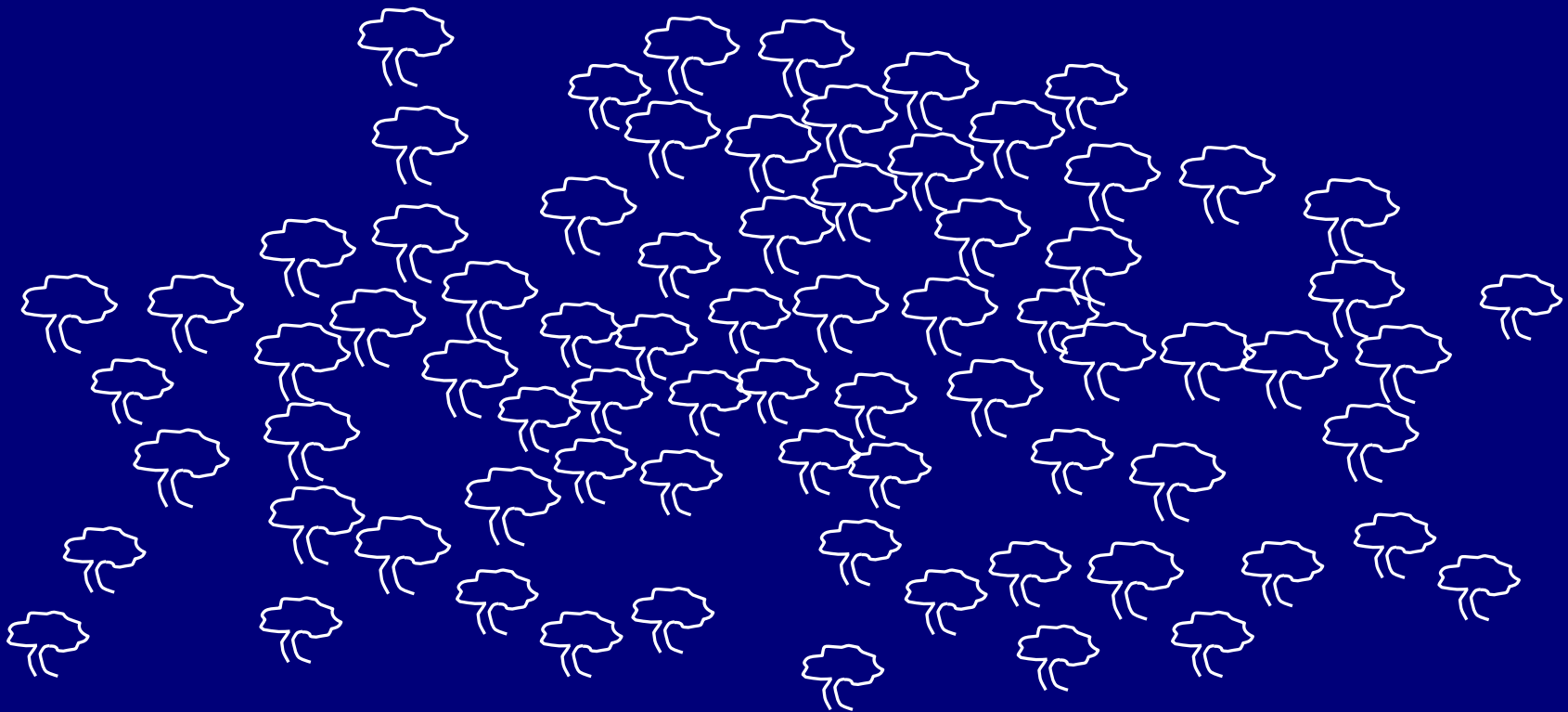
Fragmentación y posibles consecuencias sobre el flujo genético

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



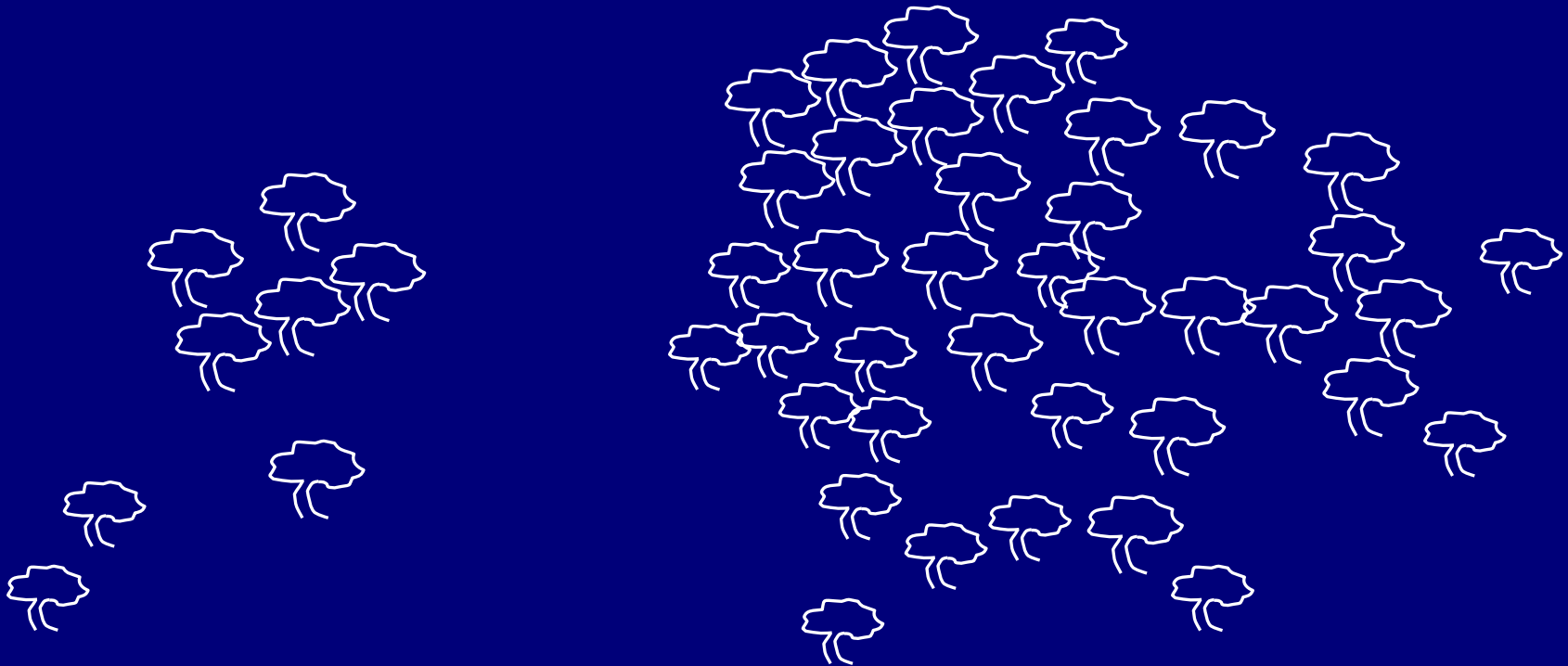
Fragmentación y posibles consecuencias sobre el flujo genético

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



Fragmentación y posibles consecuencias sobre el flujo genético

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

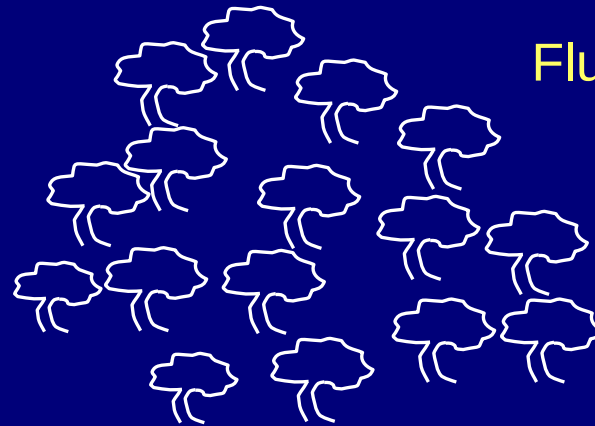


Fragmentación de bosques previamente más grandes resulta en un tamaño de poblaciones reducido y mayor aislamiento

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

→ **Influencia negativa en la reproducción y vitalidad de plantas jóvenes?**

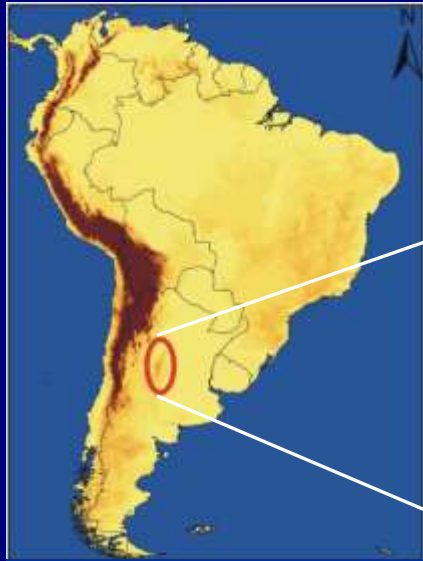
Incesto creciente



Flujo genético reducido

Disponibilidad de polen reducido

Area de estudio y especie

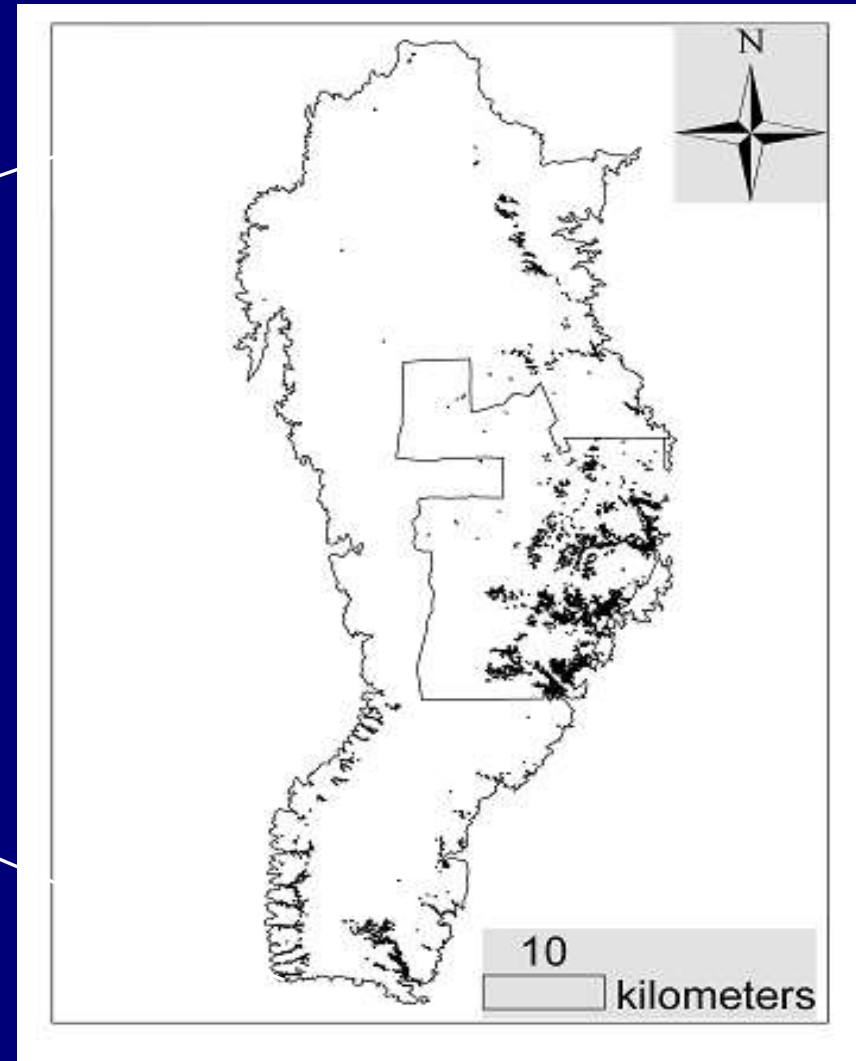


Fuente: G-topo 30
datasets (GLCF)

Córdoba
Montañas,
Argentina Central

Polylepis australis BITT.:

- Especie de *Polylepis* mas austral
- Forma bosques en un rango altitudinal de 900 ~ 3000 msnm



Fuente: Cingolani et al. 2004 (Remote Sens. Env.) (draft: H. v. Wehrden)



Limitación de polen?



Limitación de polen ?

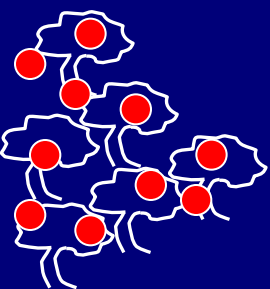
3
árboles



I

3 árboles

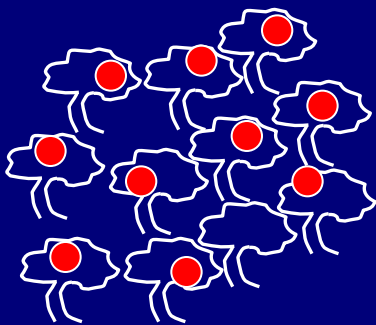
10
árboles



II

20 árboles

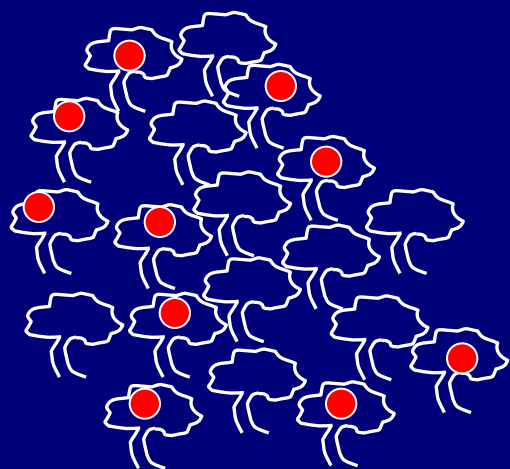
10 árboles



III

~ 200 árboles

10 árboles



IV

> 1000 árboles

Limitación de polen ?

3 trees

10 trees

10 trees

10 trees

Polinización
abierta
(control)

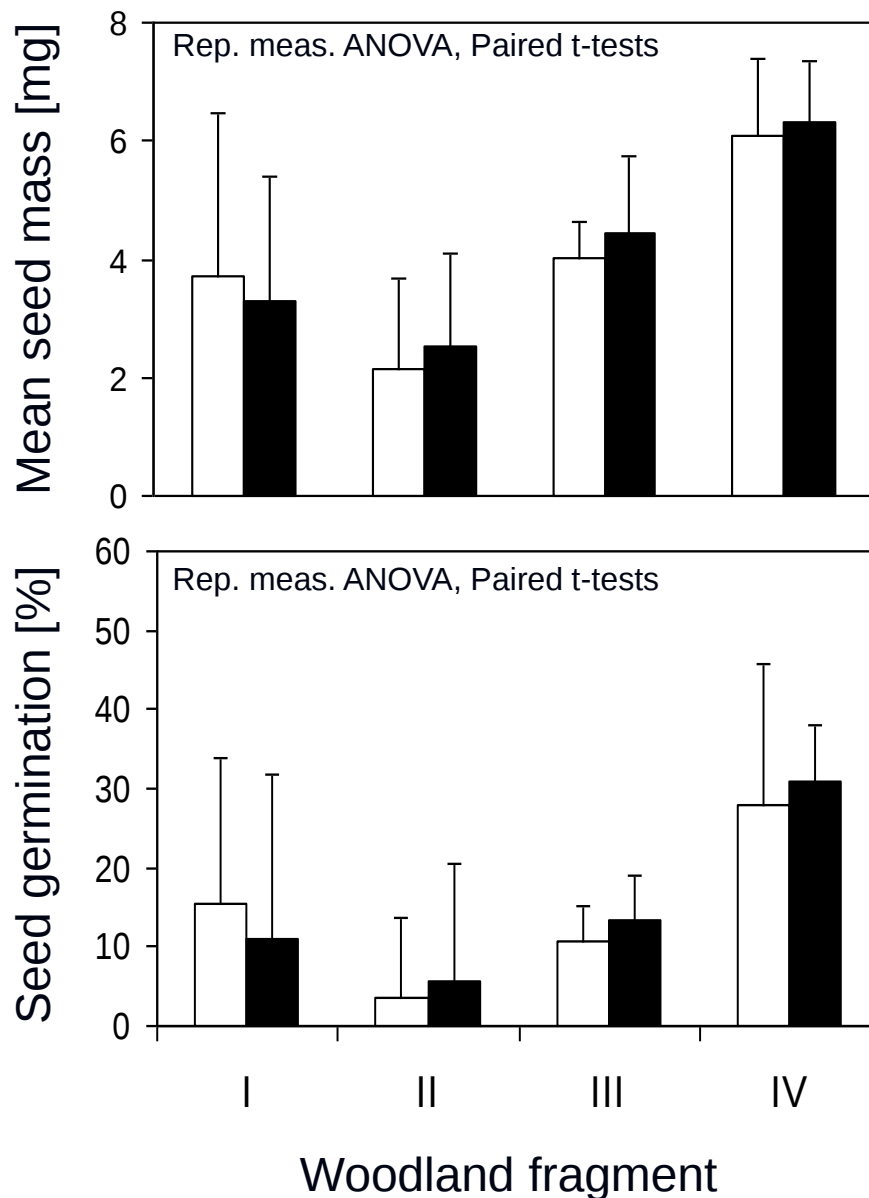
Exedente de polen
(manual)

**Variables:
semillas**

- masa media
- germinación
- Vitalidad de los
plántulas

6 inflorescencias por árbol y por
tratamiento

Limitación de polen? No!



■ Open pollination
■ Pollen addition by hand

El exedente de polen no afecta masa media y germinación de las semillas.

En los diferentes fragmentos de bosques de *Polylepis australis* no hay limitación de polen!

SELTMANN, P., RENISON, D., COCUCCHI, A., I. HENSEN & K. JUNG
2007. Fragment size, pollination efficiency and reproductive success
in natural populations of wind-pollinated *Polylepis australis*
(Rosaceae) trees. - Flora 202: 547-554.



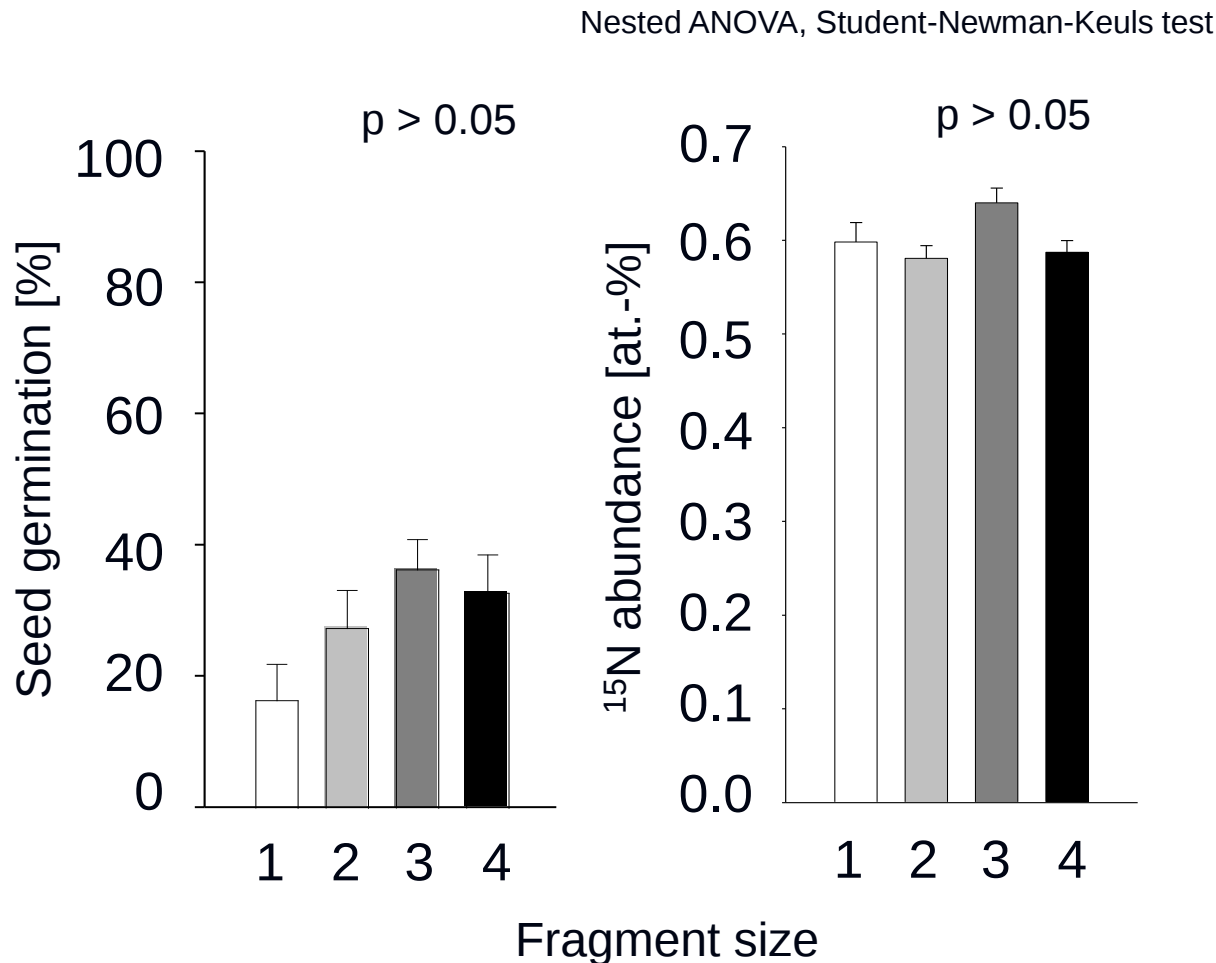
Preguntas:

¿ Hay diferencias entre fragmentos de diferente tamaño en

- 1) germinación de semillas
- 2) vitalidad de plantas jóvenes (metabolismo del nitrógeno)?

Vitalidad de las semillas y de las plantas jóvenes?

Germinación y vitalidad de plantas jóvenes



El tamaño de fragmentos de *Polylepis australis* no influye en la germinación ni en el metabolismo del nitrógeno

Seltmann et al. 2007,
Flora

SELTMANN, P., RENISON, D., HENSEN, I., CIERJACKS, A. & A. COCUCCI 2009. Mating system, outcrossing distance effects and pollen availability in the wind-pollinated treeline species *Polylepis australis* BITT. (Rosaceae). - Basic and Applied Ecology 10: 52-60.

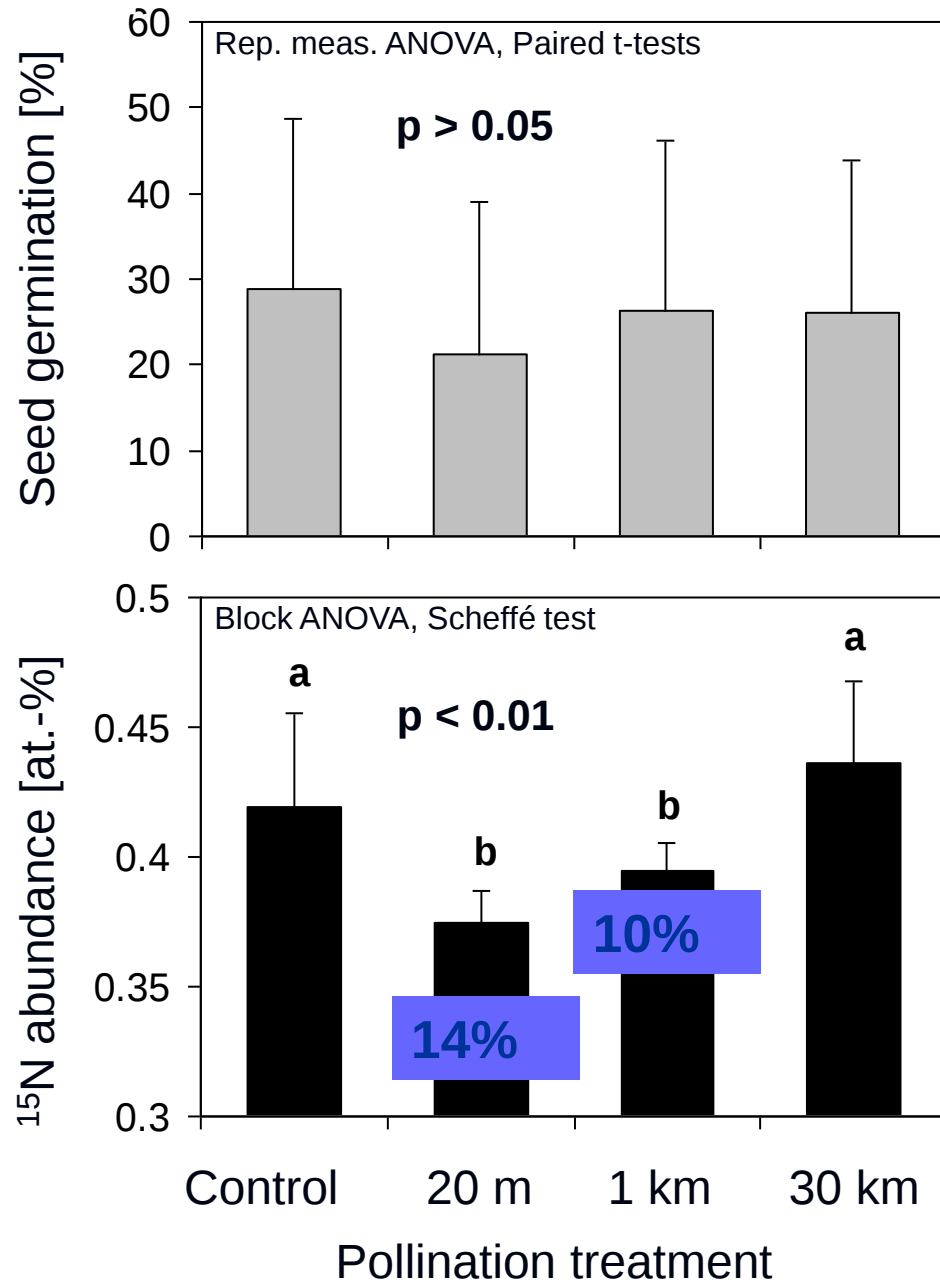


Preguntas:

¿Podría ser que la distancia al fuente de polen afecta

- 1) germinación de semillas
- 2) vitalidad de plantas jóvenes (metabolismo del nitrógeno)?

Depresión por incesto?



Los frutos de *P. australis* no
germinaron mejor a mayor
distancia de la fuente de polen

**Pero: la vitalidad de las
plántulas jóvenes mejora a
mayor distancia de la fuente
de polen!**

Resumen



- Flujo genético a través de largas distancias (> 80 km) resulta en una insensibilidad de *P. australis* frente a la fragmentación
- Buena conexión entre los fragmentos de bosque mitiga los efectos de incesto

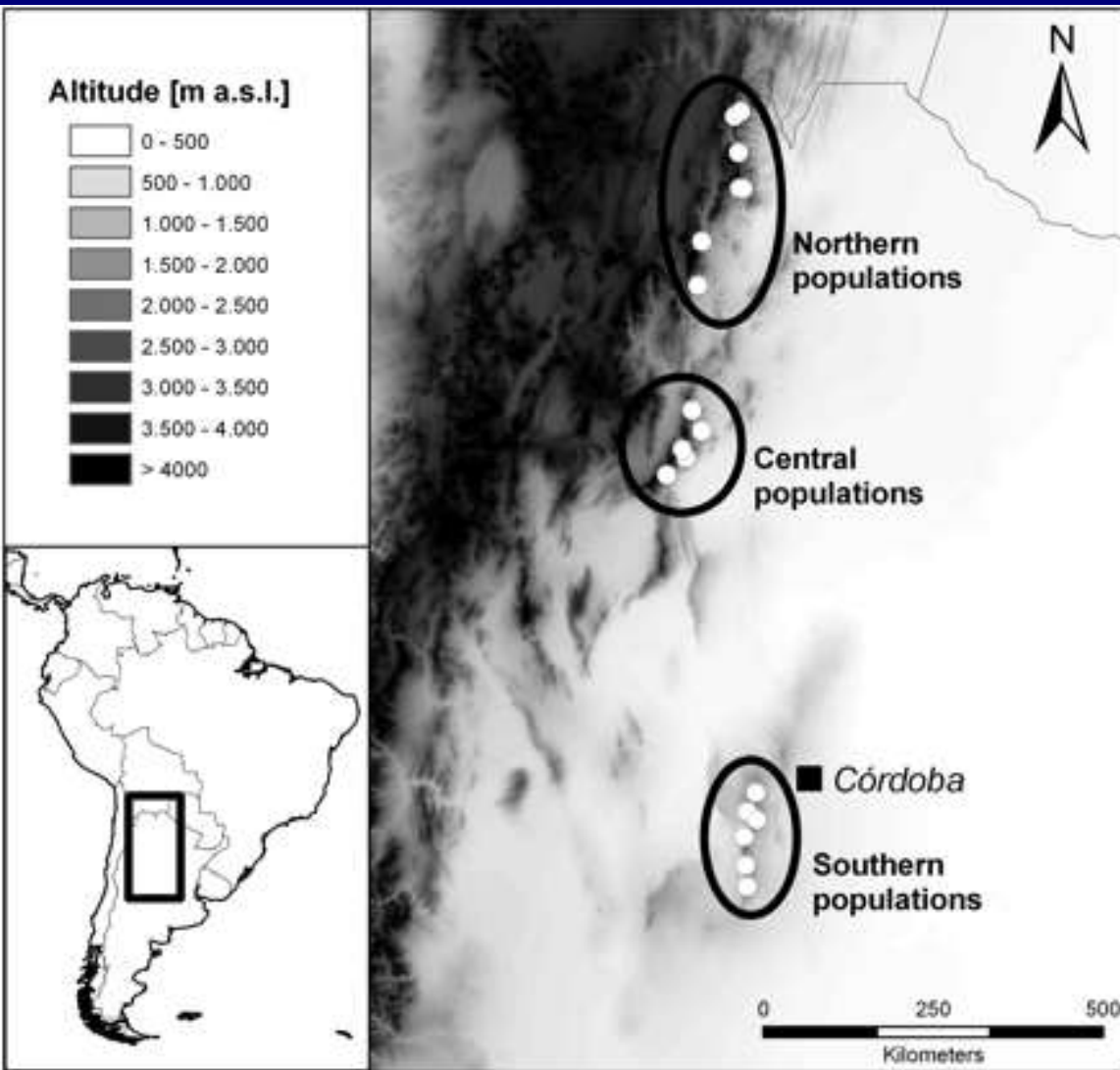
Baja eficiencia en la polinización no es la causa para el elevado porcentaje de frutos inviables!



Efectos de la fragmentación sobre la diversidad genética de *Polylepis australis*

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD GENÉTICA DE *POLYLEPIS AUSTRALIS* (ROSACEAE) EN ARGENTINA

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



Estudio molecular
(AFLP)
incluyendo
18 poblaciones en 3
regiones

Hensen, Renison et al.
2011 (Am. J. Bot.)

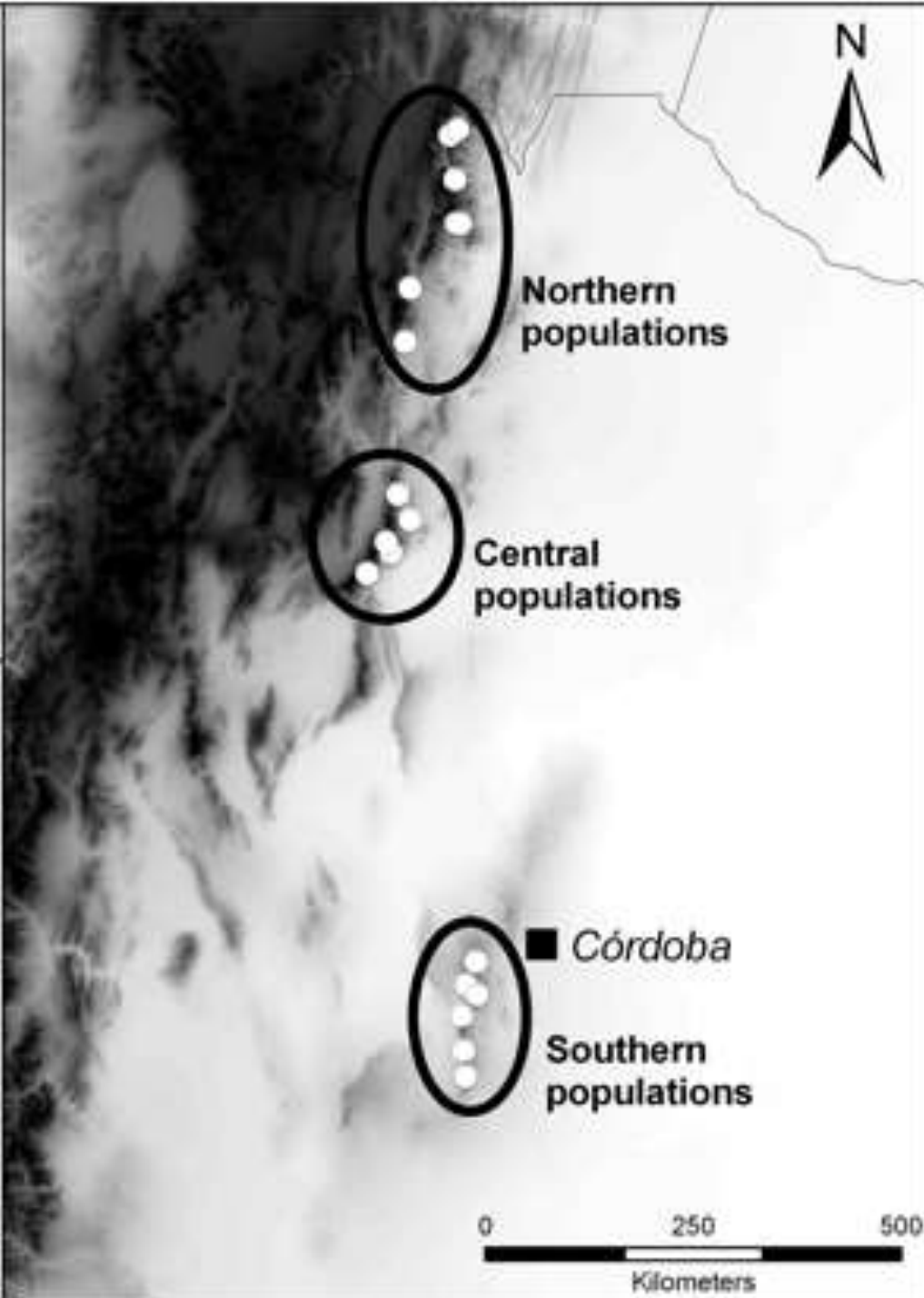
HENSEN, I., TEICH, I., HIRSCH, H., VON WEHRDEN, H. & D. RENISON 2011. Range-wide genetic structure and diversity of the endemic treeline species *Polylepis australis* (Rosaceae) in Argentina. - American Journal of Botany 98: 1825-1833.



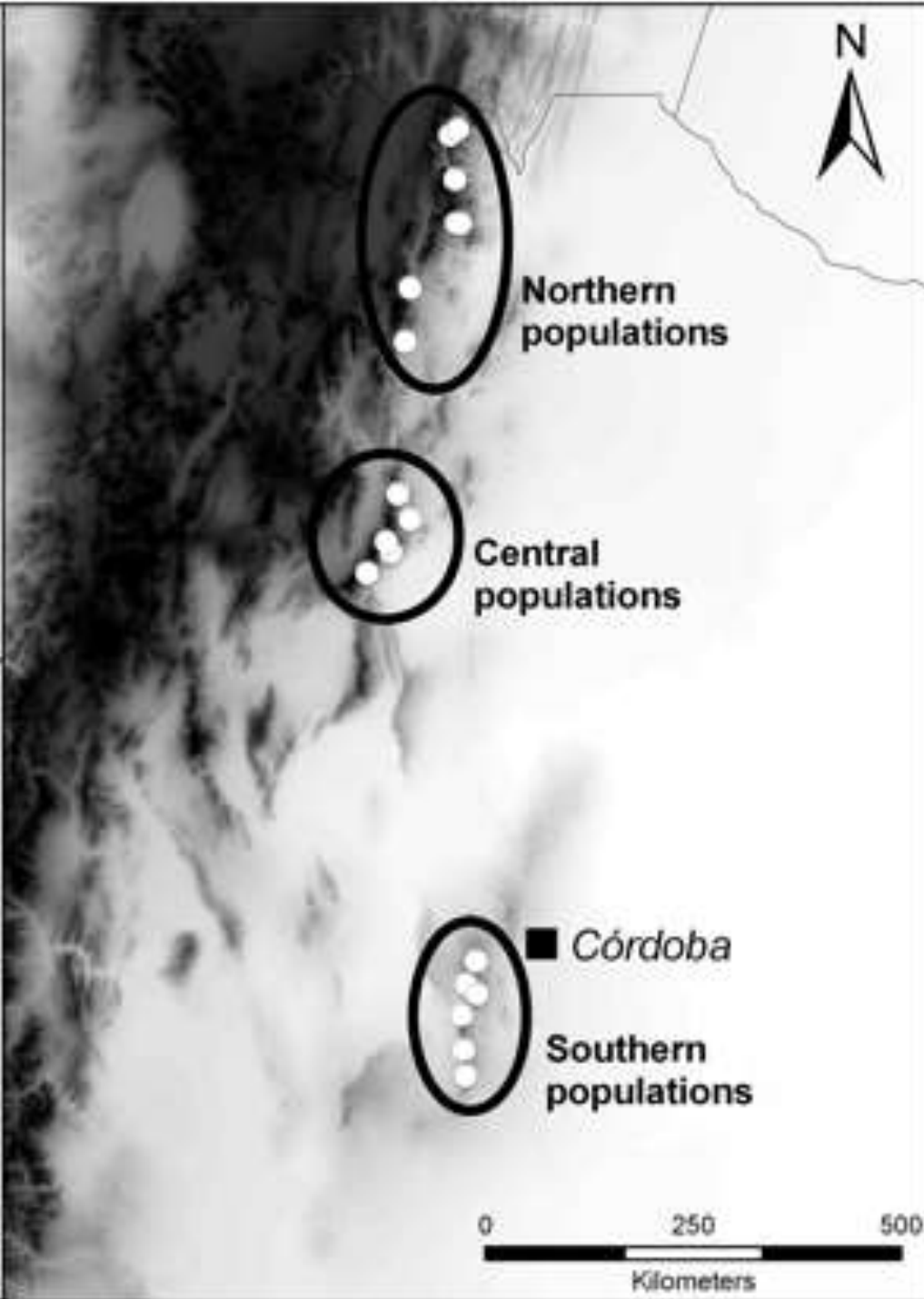
Preguntas:

¿Hay diferencia entre y dentro de las tres áreas de distribución en la diversidad y la diferenciación genética genética?

¿Las características genéticas permiten obtener conclusiones preliminares sobre modelos de migración forestales históricos?



La diversidad genética de poblaciones de *P. australis* del norte fue considerablemente más baja que la de poblaciones del centro y del sur

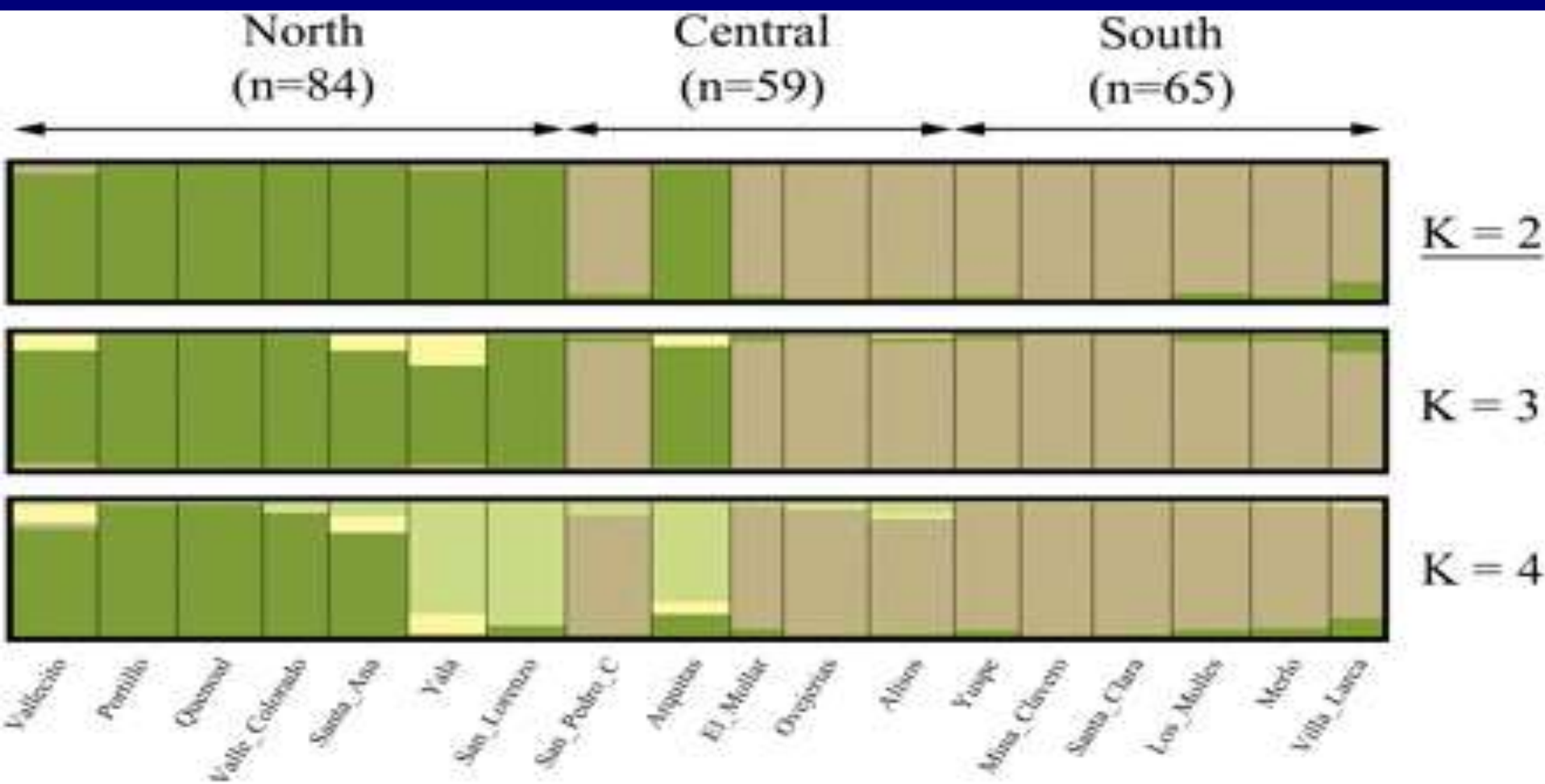


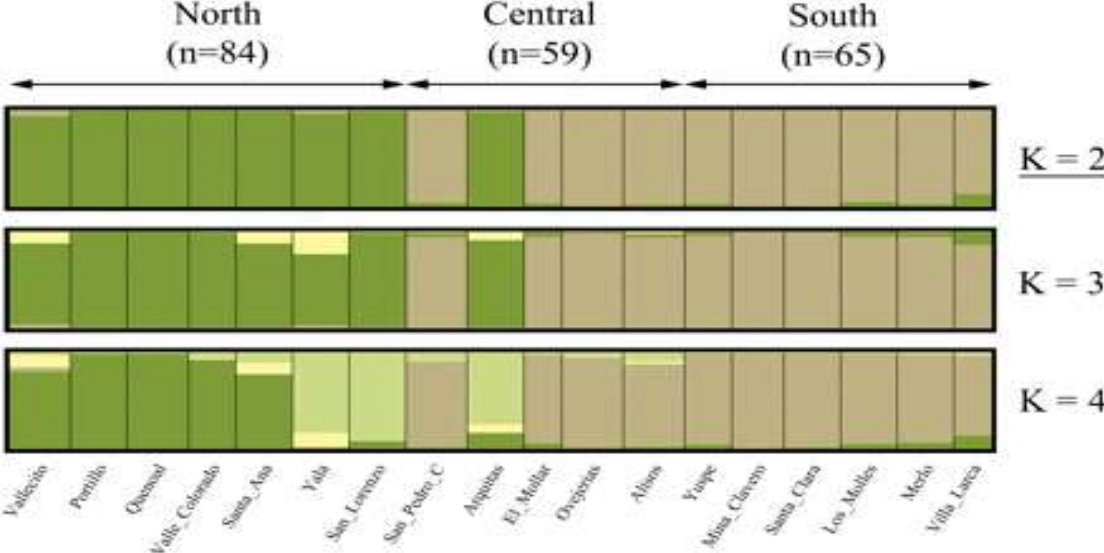
En el norte, la población más alta en elevación tiene la diversidad genética más baja

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

P. australis puede haber emigrado al norte durante la refrigeración glacial y en la elevación durante el recalentamiento de Holocene

Las poblaciones del norte de *P. australis* se diferenciaron más que poblaciones del centro y del sur sugiriendo un aislamiento espacial más fuerte



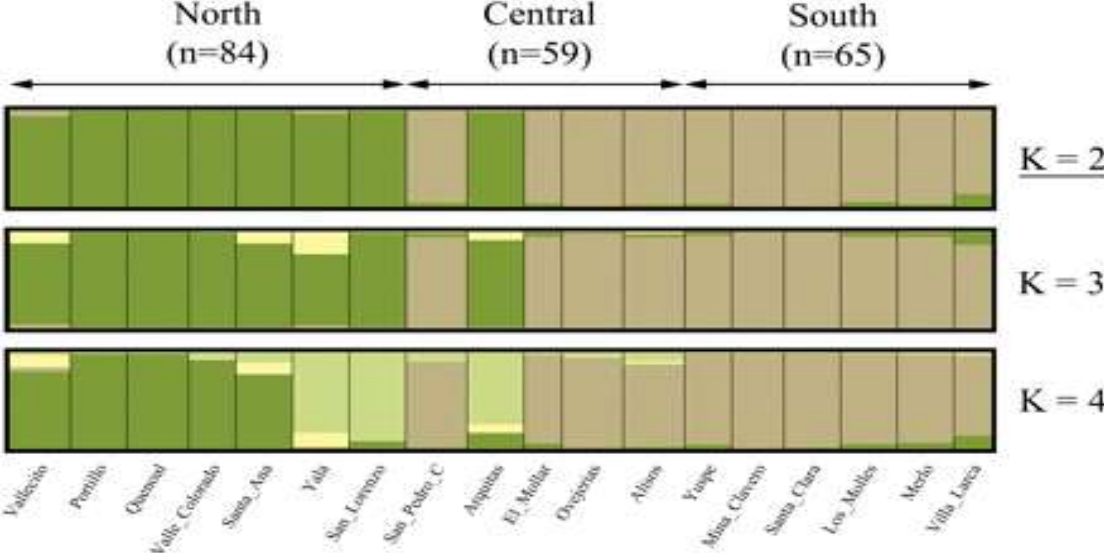


Conclusiones



Los dos grupos genéticos indican que:

tanto la conectividad del hábitat histórico como los patrones de migración conducidos por el clima histórico se reflejan en la estructura genética de *P. australis*



Conclusiones



Flujo genético a través de largas distancias resulta en una insensibilidad de *P. australis* frente a la fragmentación

Buena conexión entre los fragmentos de bosque mitiga los efectos de incesto



III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*

Atica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

Ecuador: Diversidad genética y reproducción de *Polylepis incana* y *P. pauta*; DFG/BMZ)

Argentina: Efectos de la fragmentación, degradación del habitat y variabilidad genética sobre la regeneración de los bosques de *Polylepis australis* (VW Foundation)



Los bosques de *Polylepis*: efectos de la fragmentación sobre su regeneración y diversidad genética



Patrones de reproducción a lo largo de gradientes altitudinales y gradientes del impacto humano (*Polylepis incana* y *P. pauta*)

Efectos de la fragmentación sobre la diversidad genética



Reproducción de especies de *Polylepis* en los límites del bosque andino

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



PhD Arne Cierjacks 2007 (Habilitacion 2013)

Reproducción de especies de *Polylepis* en los límites del bosque andino

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

CIERJACKS, A., WESCHE, K. & I. HENSEN 2007. Potential lateral expansion of *Polylepis* forest fragments in central Ecuador. - Forest Ecology and Management 242: 477-486.

CIERJACKS, A., IGLESIAS, J.E., WESCHE, K. & I. HENSEN 2007. Impact of sowing, canopy cover and litter on seedling dynamics of *Polylepis* species at upper tree lines in Central Ecuador. - Journal of Tropical Ecology 23: 309-318.

CIERJACKS, A., RÜHR, N., WESCHE, K. & I. HENSEN 2008. Effects of altitude and livestock on the regeneration of two tree line forming *Polylepis* species in Ecuador. – Plant Ecology 194: 207-221.

CIERJACKS, A., SALGADO, S., WESCHE, K. & I. HENSEN 2008. Post-fire population dynamics of two tree species in high-altitude *Polylepis* (Rosaceae) forests of Central Ecuador. – Biotropica 40: 176-182.

Hipótesis de formación del límite superior del bosque (Körner 2003)

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013

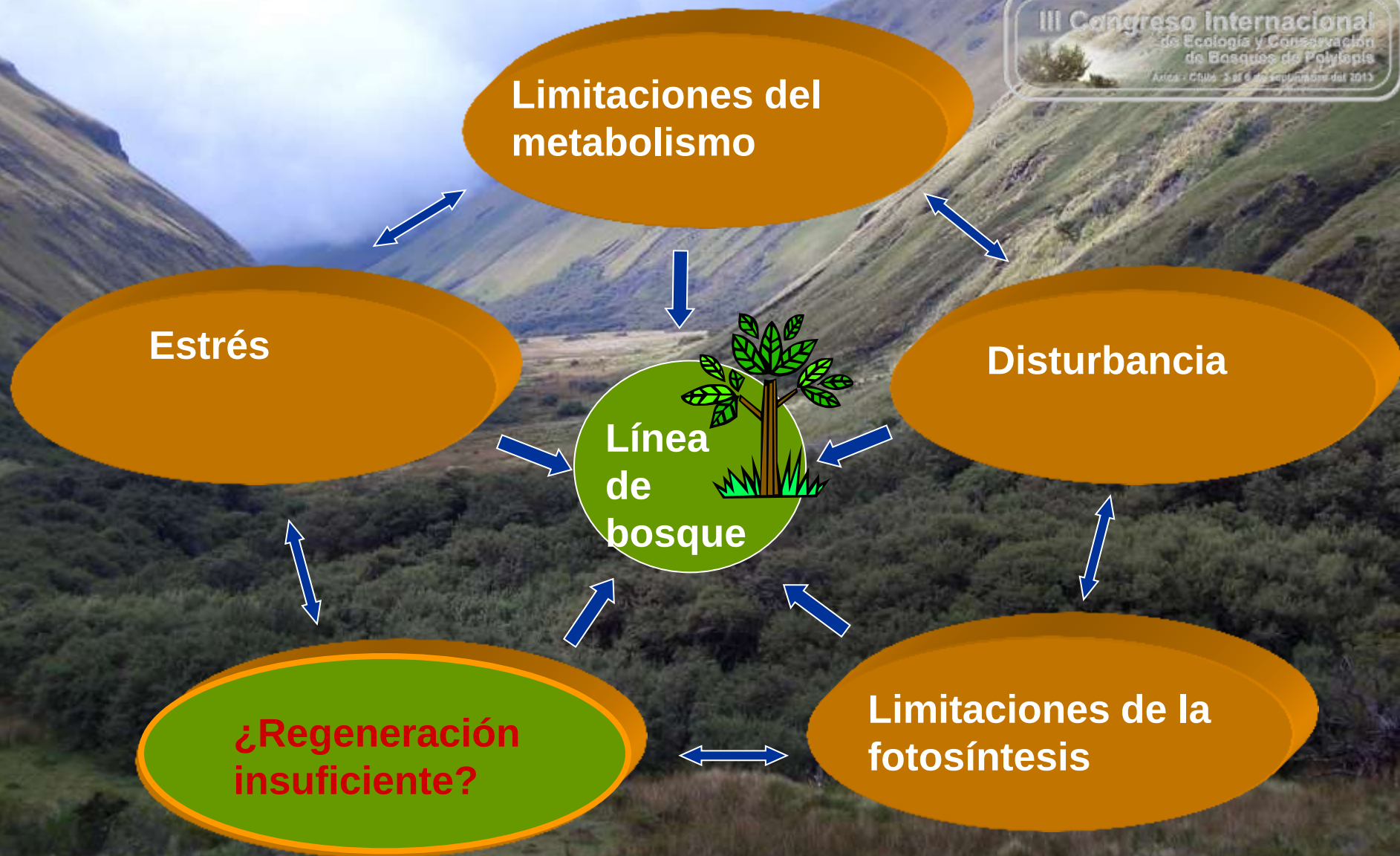


Conducido por temperatura

(temperatura media en el período de la vegetación 5-7°C)

Hipótesis de formación del límite superior del bosque (Körner 2003)

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile - 2 al 6 de Septiembre del 2013



Area de estudio

Páramo de Papallacta (580 km²)

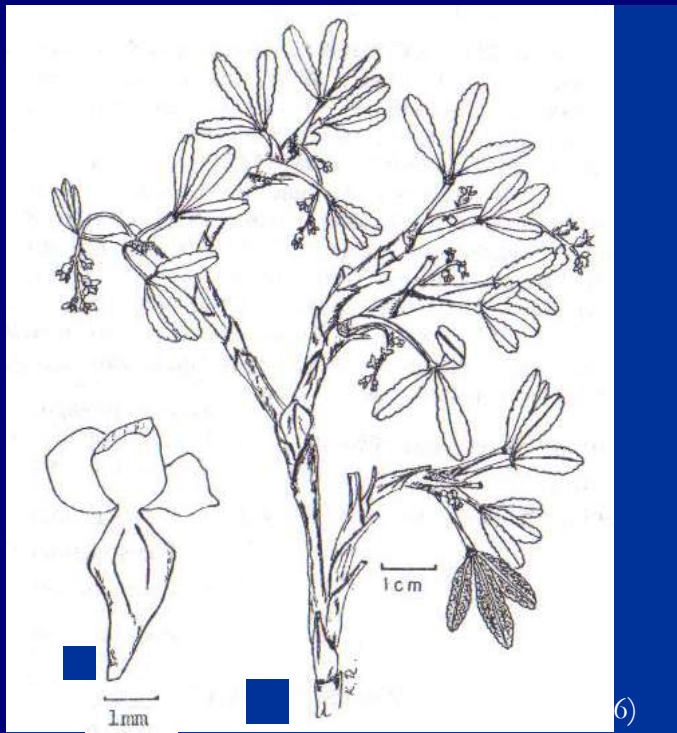


III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



Especies

Polylepis incana



Polylepis pauta

Romoleroux (1996)



- *Polylepis* (tribe Sanguisorbeae, Rosaceae): polinización por el viento, ~28 especies, endemicos en Sudamerica
- Ambas especies en peligro (IUCN red list 2006)
- Regeneración asexual posible

Areas del estudio



III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



P. incana a lo largo de un río,
3500-3700 m asl



P. incana forests, ladera occidental de
la cordillera del Este, 3700-4100 m asl

Photos: Cierjacks (2004)

Area del estudio



P. pauta forest interior,
ladera oriental de la cordillera del Este,
4000 m asl

P. incana forest interior,
western slope, 3600 asl



Photos: Cierjacks (2004)

Preguntas



1. Que impactos tienen la altura y el pastoreo a la regeneración?
2. Como funciona la regeneración al límite del bosque superior?

Estudios a lo largo de gradientes altitudinales

Polylepis incana forests, 3500-4100 m asl.



Polylepis pauta forests, 3700-4100 m asl.



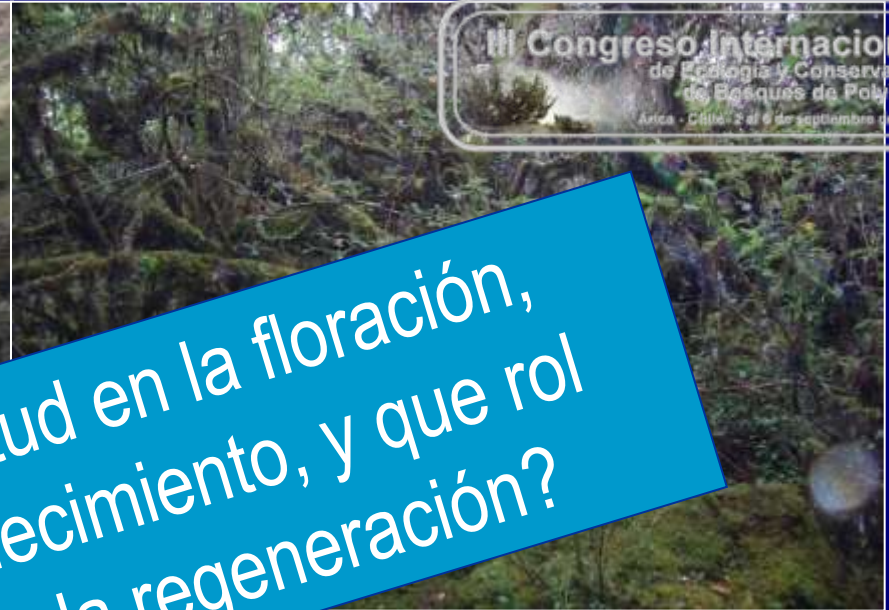
Ambos tipos de bosque
tienen un pastoreo
moderado!

Photo

Influencia de la altitud y pastoreo sobre la regeneración de los bosques de *Polylepis*

Polylepis incana bosques, 3500-4100 msnm.

Polylepis pauta bosques, 3700-4200 msnm.



Como influye la altitud en la floración, fructación, el establecimiento, y que rol tiene el pisoteo en la regeneración?



Photo

Regeneración en el límite superior del bosque, influencia del pastoreo y de la altitud

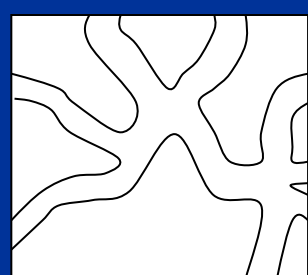
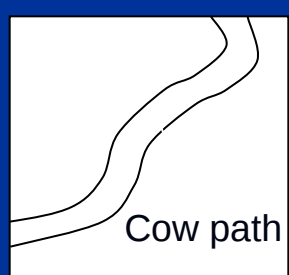
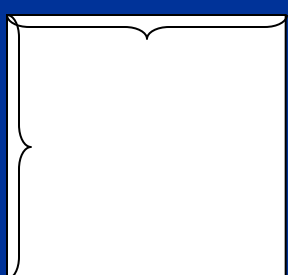
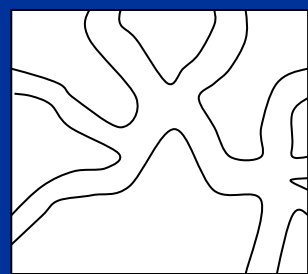
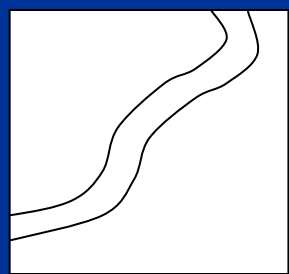
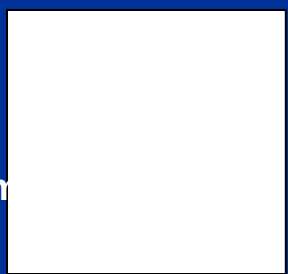
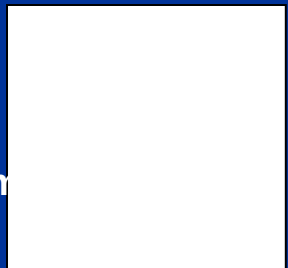


Gradiente altitudinal

3900-4100 msnm

3700-3900 msnm

3500-3700 msnm



Without or light trampling (0-4 m²)

Intermediate trampling (4-20 m²)

Strong trampling (>20 m²)

Grazing gradient

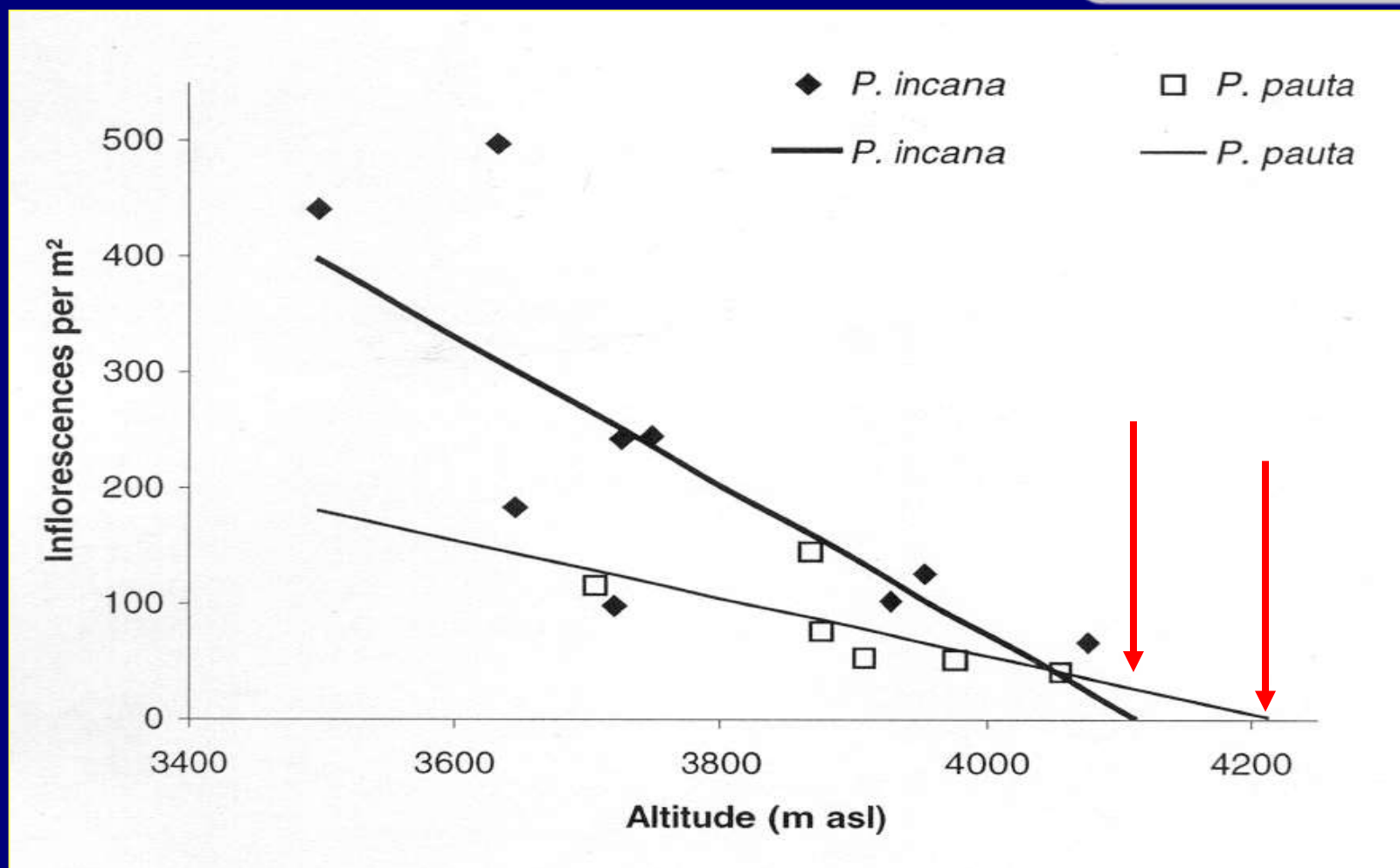
Variables

- Inflorescencias y Semillas/m²
- Plántulas/m²
- Plantas jóvenes/m²
- Ramets/m²
- Estructura del bosque

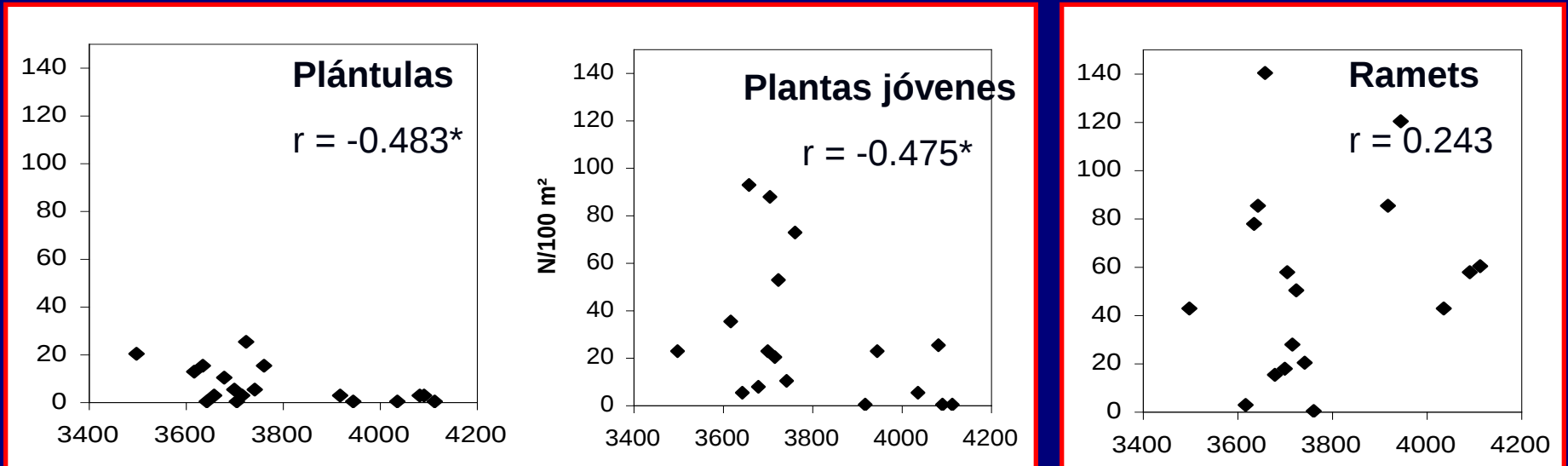


Número de inflorescencias y semillas de ambas especies de *Polylepis* decrece con el gradiente altitudinal

(número de inflorescencias/semillas)

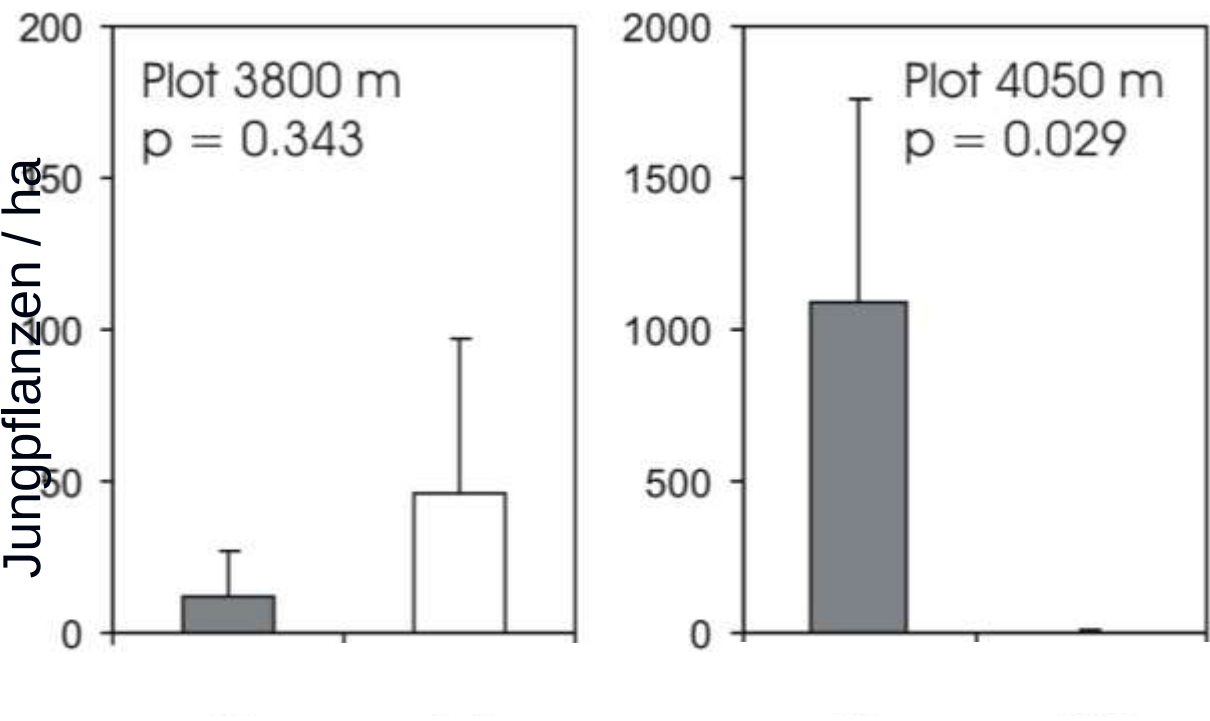
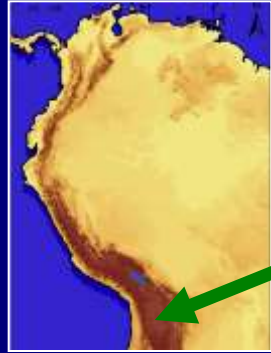


Número de plántulas y plantas jóvenes de *P. incana* decrece con el gradiente altitudinal



La densidad de ramets de *P. incana* se asocia con la altitud

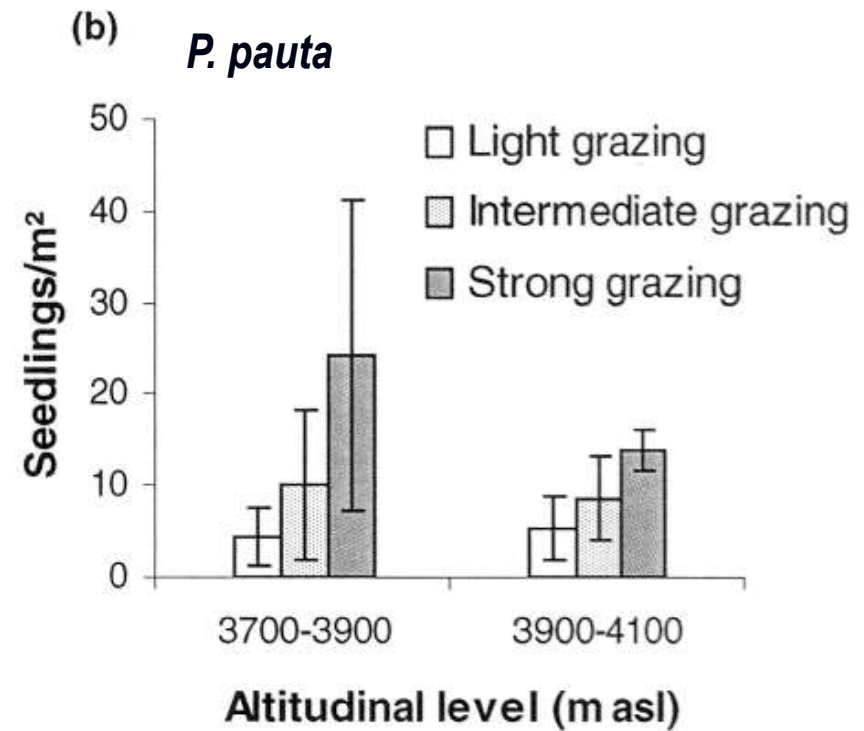
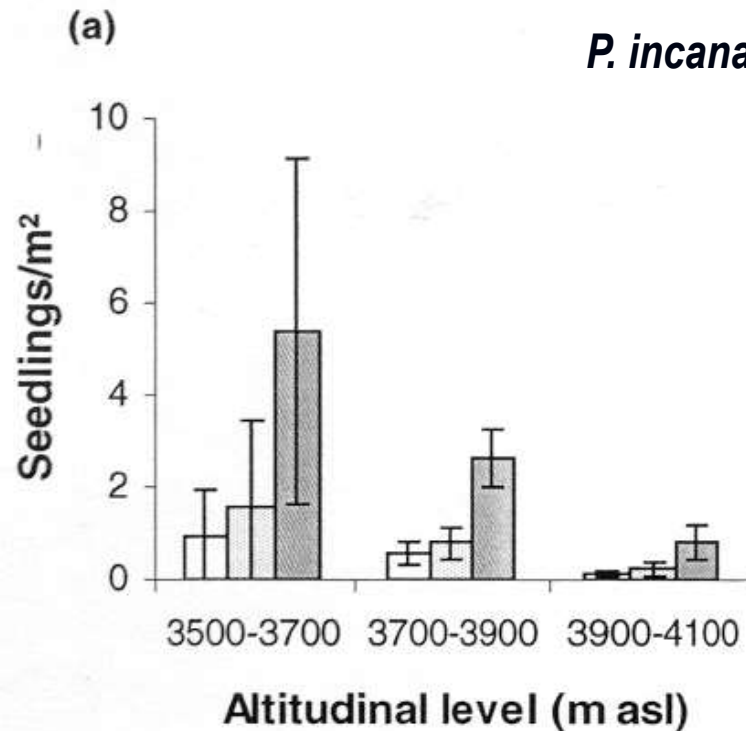
Número de ramets de *Polylepis pepeí* en Bolivia
aumenta con el gradiente altitudinal
(2 fragmentos de bosque)



En el límite superior del bosque en Ecuador y Bolivia, la relación entre reproducción sexual y vegetal cambia a favor de la reproducción vegetal!

Pisoteo del ganado influye la densidad de plántulas de ambas especies de *Polylepis* en forma positiva (Reducción de la cobertura de hojas)

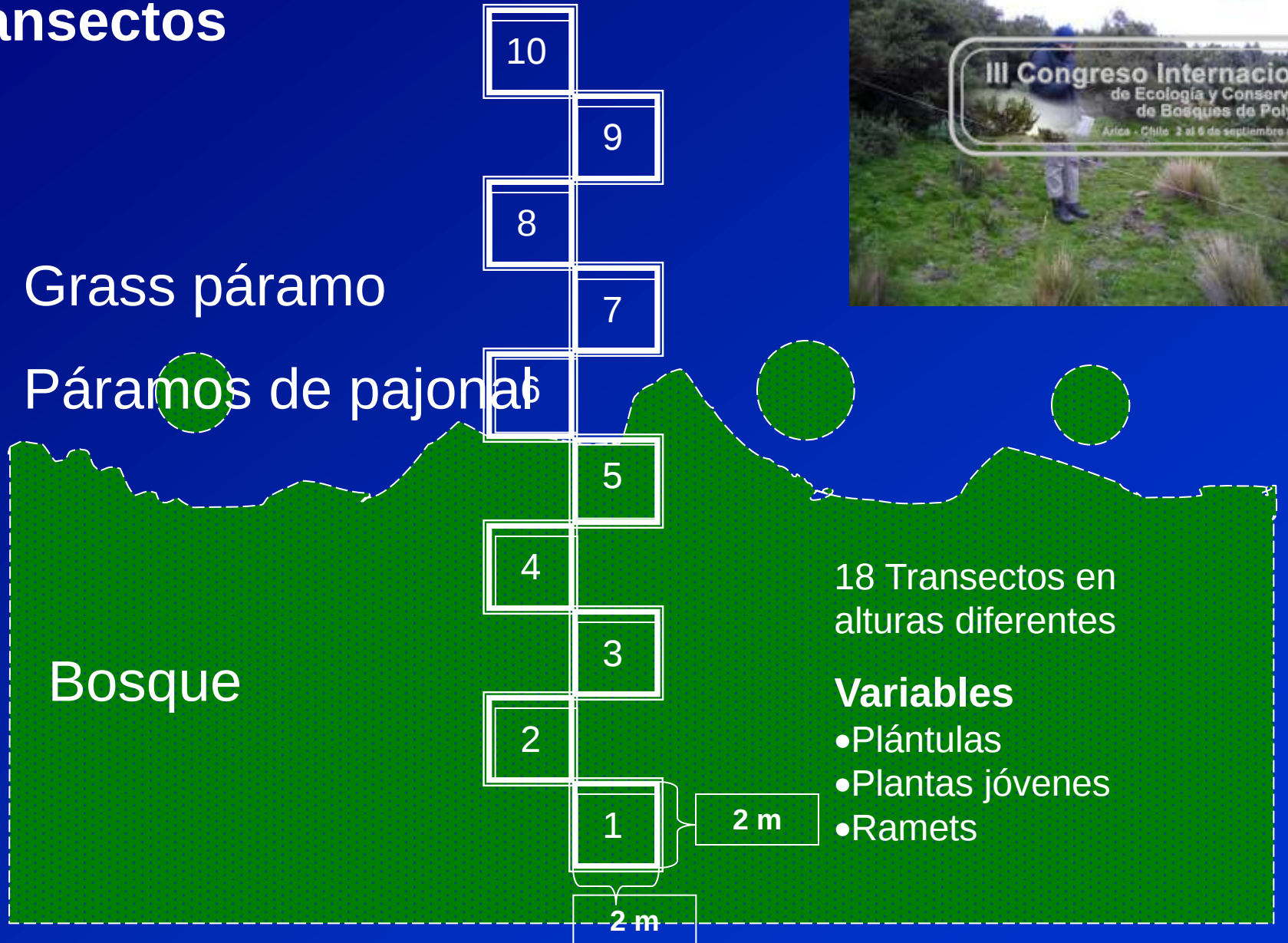
III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



¿Donde hay
regeneración de
especies de *Polylepis*:
dentro del bosque, en
el borde del bosque o
en los pajonales?

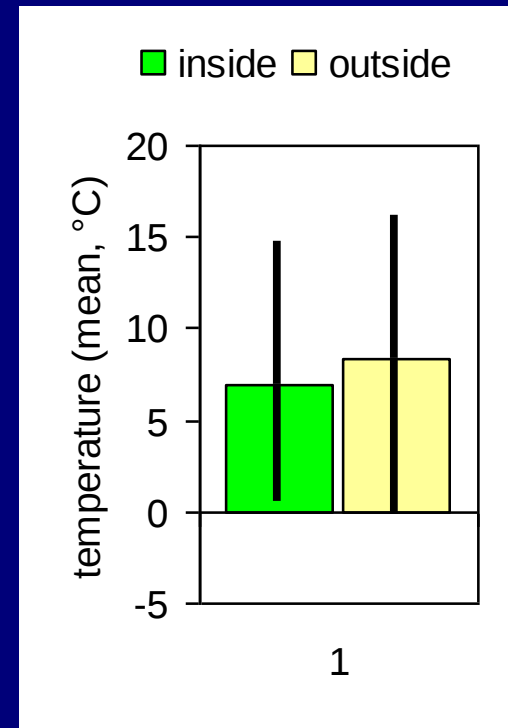
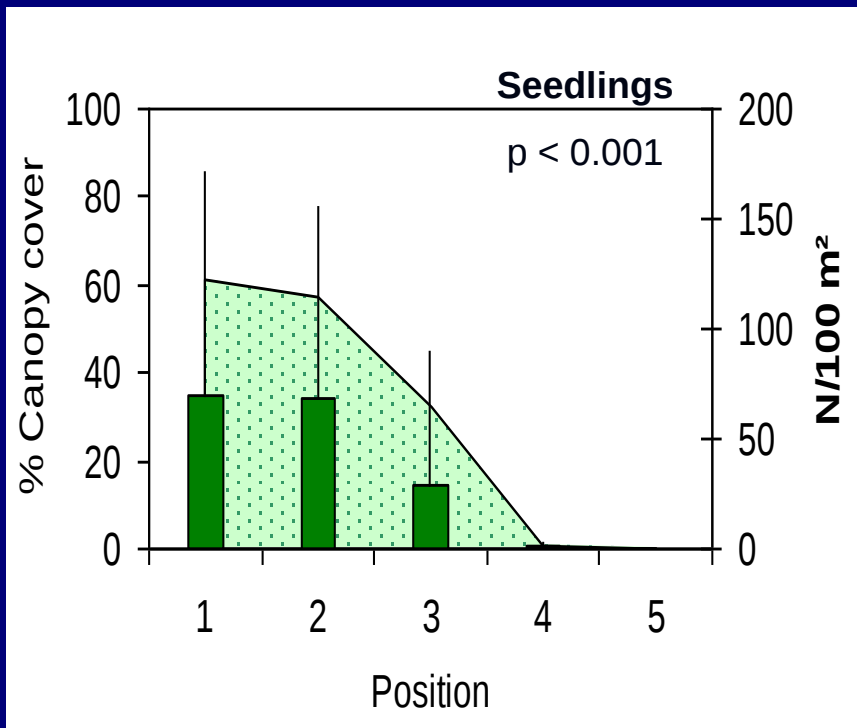
? ? ?

Transectos

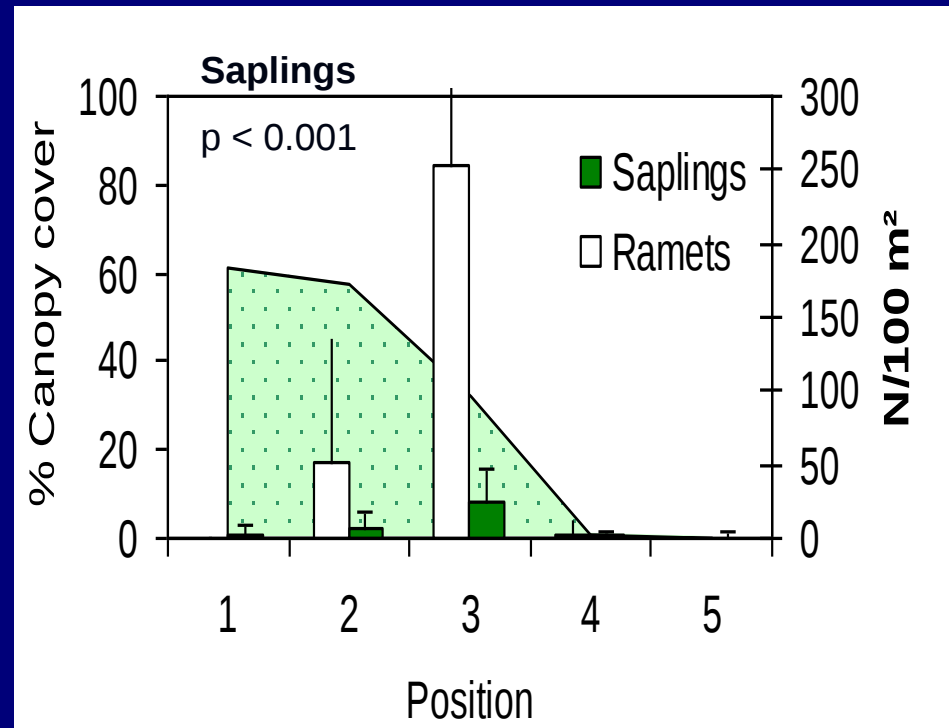
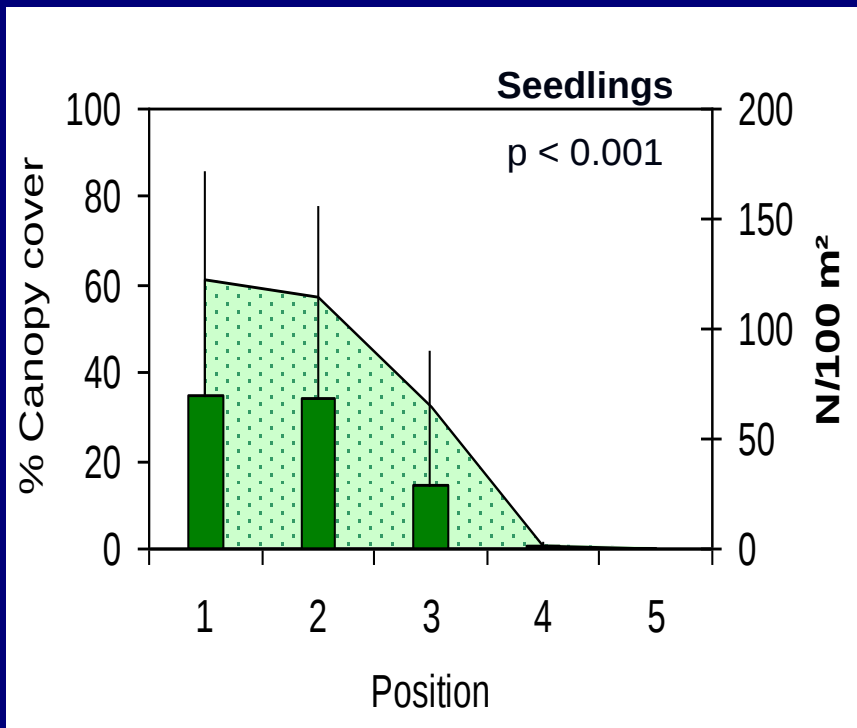


Número de plántulas de *Polylepis incana* es mayor dentro de los bosques

(Mayor lluvia de semillas, situación microclimática menos extrema)

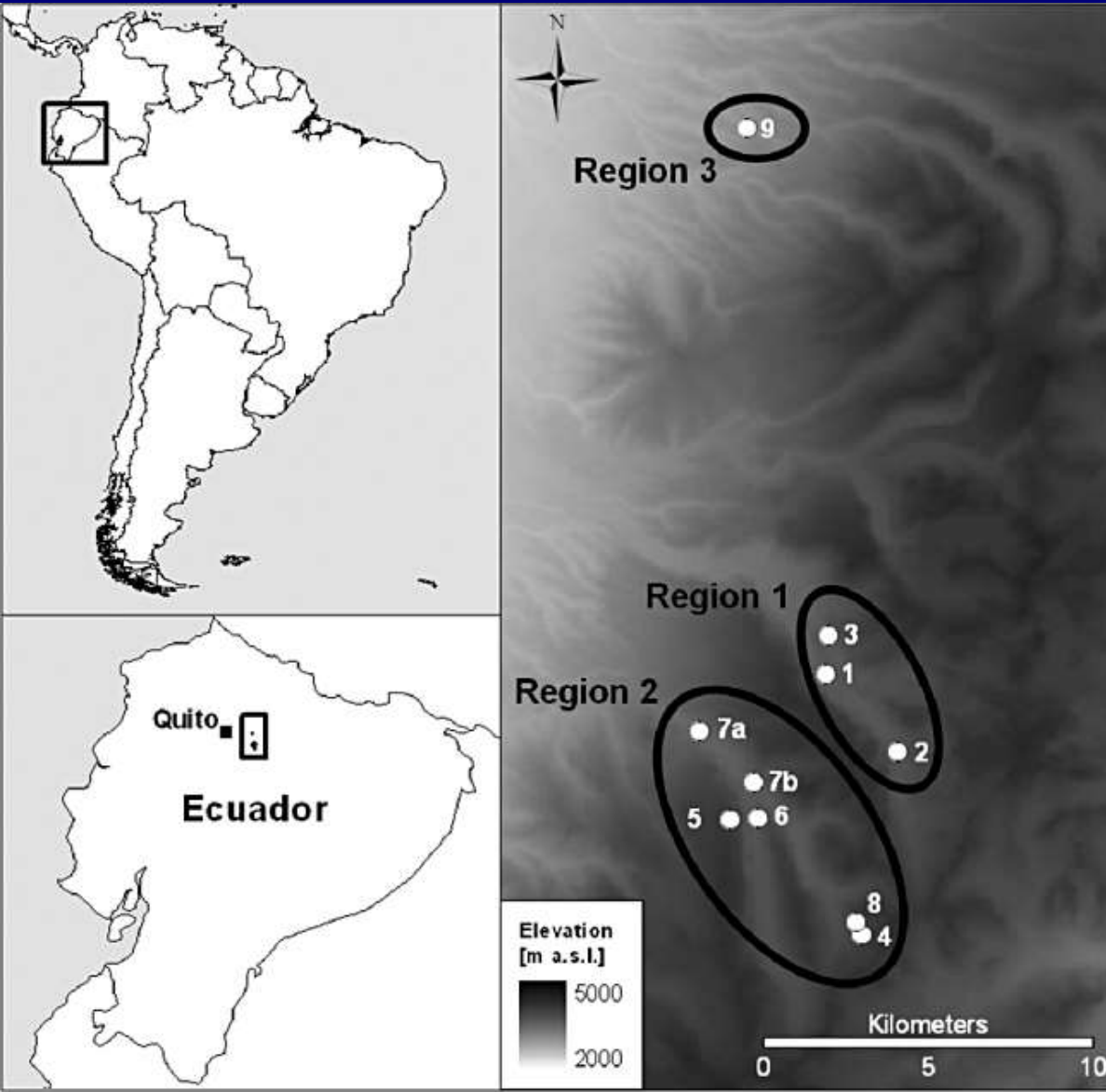


Mayor establecimiento de plántulas en bordes de bosque, donde el número de ramets es mayor.



Fragmentación histórica y reciente afecta la estructura genética de *Polylepis incana*

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de *Polylepis*
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



Estudio molecular
(AFLP)
incluyendo 9
poblaciones en 3
regiones (adultos y
plantas juvenes)

Hensen, I., Cierjacks, A., Hirsch, H., Kessler, M., Romoleroux, K., Renison, D. & K. Wesche 2012. Historic and recent fragmentation coupled with altitude affect the genetic population structure of one of the world's highest tropical tree line species. - *Global Ecology and Biogeography* 21: 455-464.



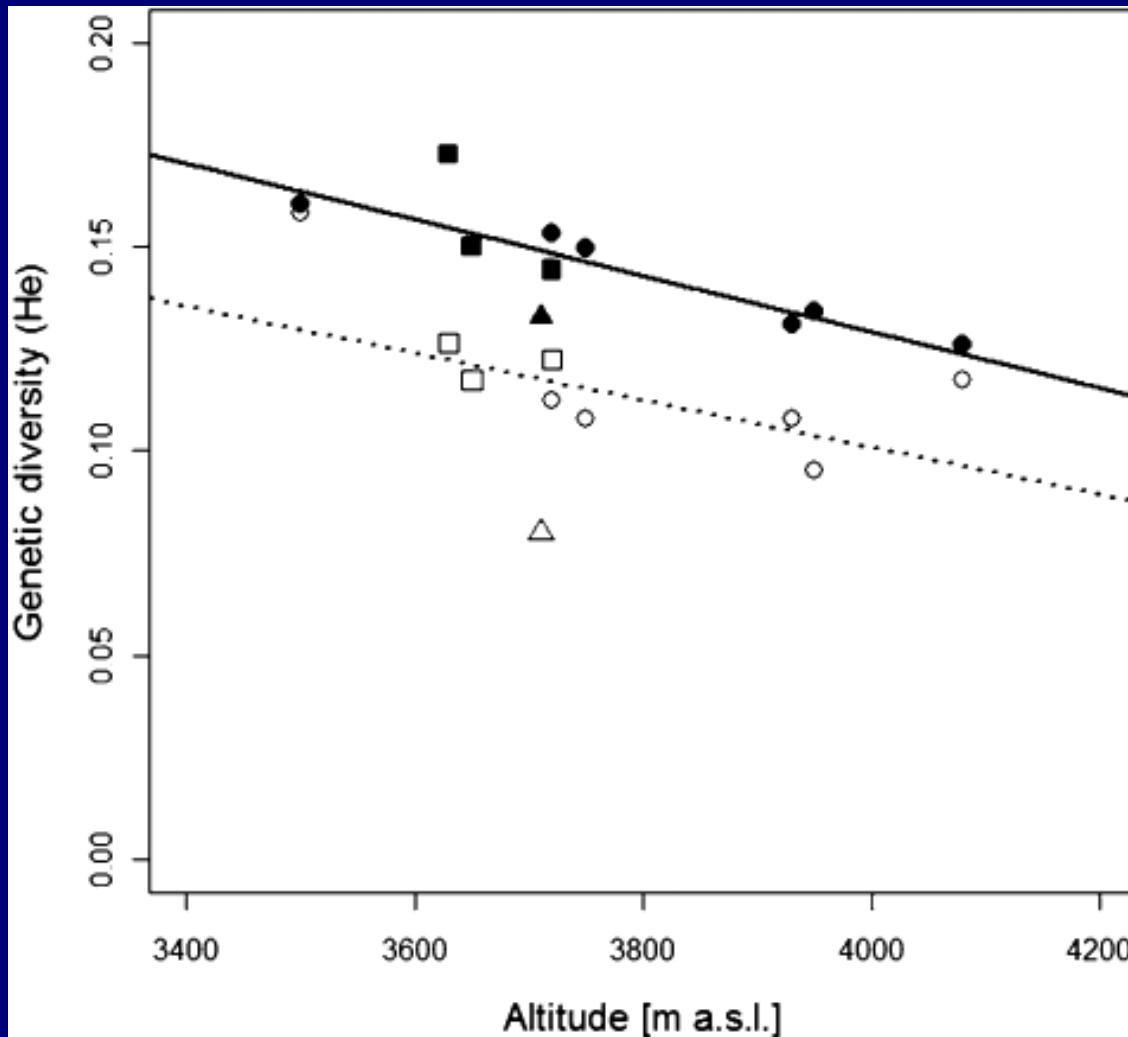
Preguntas:

¿ Hay diferencias en en la diversidad genética

- 1) entre altitudes
- 2) entre diferentes generaciones?

Diversidad genética de adultos y plantas jóvenes disminuye con el gradiente altitudinal

III Congreso Internacional
de Ecología y Conservación
de Bosques de Polylepis
Arica - Chile 2 al 6 de septiembre del 2013



La diversidad genética de *P. incana* juveniles fue considerablemente más baja que la de los adultos

Resumen



- Al aumentar la altitud, la reproducción sexual de especies de *Polylepis* disminuye y la reproducción vegetal aumenta (Bolivia, Ecuador)
- *Los límites de los bosques de Polylepis* son zonas de fuerte regeneración natural, pero una regeneración lateral se da muy lentamente
- Hay una migración altitudinal histórica de *P. incana*
- Fuertes efectos perjudiciales de aislamiento genético, tanto reciente como histórico

Agradacimientos



Dr. Arne Cierjacks (TU Berlin)

Dr. Peggy Seltsmann (Leipzig)

Prof. Henrik von Wehrden (Uni Lüneburg)

PD Dr. Karsten Wesche (Görlitz)

Prof. Daniel Renison (Uni Córdoba)

Dr. Katja Romoleroux (Uni Quito)

Ricardo Suarez (Uni Córdoba)

Christine Voigt y Birgit Müller (Uni Halle)

Dr. Heike Zimmermann (Uni Lüneburg)

Dr. Heidi Hirsch (Uni Halle)



Agradecimientos



- Trabajos de campo: Juan Iglesias, Silvia Salgado, Irene Lett, Paula Marcora, Ricardo Suarez, Ingrid Teich, Nadine Rühr, Sebastian Ploch, Heike Zimmermann u. v. a.
- Instituciones cooperantes: Herbario QCA de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Fundación Antisana, Dept. de Ecología/Universidad de Córdoba, National Park authorities of the Córdoba Mountains u. v. a.
- Financiamiento: VW-Stiftung, DFG, BMZ, CONICET Argentinien, DAAD

