



UNIVERSIDAD DE JAÉN

**Anexo II**

**TITULACIÓN: Grado en Ciencias Ambientales**

**MEMORIA INICIAL DEL TRABAJO FIN DE GRADO**

**CENTRO: Facultad de Ciencias Experimentales**

**CURSO ACADÉMICO: 2013-14**



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Facultad de Ciencias Experimentales

**Título del Trabajo Fin de Grado:**

**Efecto de la fertilización compensatoria con P sobre los desbalances nutricionales producidos por la deposición crónica de N en bosques de *Abies pinsapo***

**1. DATOS BÁSICOS DE LA ASIGNATURA**

**NOMBRE:** Trabajo Fin de Grado

**CÓDIGO:** 10416001

**CARÁCTER:** Obligatorio

**Créditos ECTS:** 12

**CURSO:** Cuarto

**CUATRIMESTRE:** Segundo

**2. TUTOR/COTUTOR (en su caso)**

**Tutor:** JOSÉ A. CARREIRA DE LA FUENTE

**Cotutor:** BENJAMÍN VIÑEGLA PÉREZ

**3. VARIANTE Y TIPO DE TRABAJO FIN DE GRADO (Artículo 8 del Reglamento de los Trabajos Fin de Grado)**

**Variante:** Específico (Alba Pastor Perea)

**Tipo:** Experimental

**4. COMPETENCIAS Y RESULTADOS DE APRENDIZAJE**

**Competencias generales:**

CT-23 Tener sensibilidad hacia temas medioambientales

CE-3 Capacidad para tomar conciencia de las dimensiones temporales y espaciales de los procesos ambientales

**Competencias transversales:**

CT-2 Capacidad de organización y planificación

CT-3 Ser capaz de comunicarse correctamente de forma oral y escrita

CT-7 Ser capaz de resolver problemas

CT-14 Razonamiento crítico

CT-16 Ser capaz de aprender de forma autónoma

**Competencias Específicas:**

CE-4 Capacidad para integrar las evidencias experimentales encontradas en los estudios de campo y/o laboratorio con los conocimientos teóricos

CE-14 Ser capaz de diseñar y aplicar indicadores de sostenibilidad

CE-36 Ser capaz de evaluar la degradación ambiental y planificar medidas correctoras y/o restauradoras

CE-39 Capacidad de análisis e interpretación de datos



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Resultados de aprendizaje	
<b>Resultado 416001A</b>	Capacidad de integrar creativamente sus conocimientos para resolver un problema biológico real.
<b>Resultado 416001B</b>	Capacidad para estructurar una defensa sólida de los puntos de vista personales apoyándose en conocimientos científicos bien fundados.
<b>Resultado 416001C</b>	Destreza en la elaboración de informes científicos complejos, bien estructurados y bien redactados.
<b>Resultado 416001D</b>	Destreza en la presentación oral de un trabajo, utilizando los medios audiovisuales más habituales.

## 5. ANTECEDENTES

En la actualidad la deposición atmosférica de N constituye un problema ambiental en regiones industrializadas de todo el mundo (Vitousek et al.1997, Fenn et al. 1998), ya que esta nueva versión de “lluvia ácida” tiene, además de los efectos acidificantes directos de la tipología clásica, un efecto adicional de “fertilización” asociado a la entrada de un nutriente, el N, que suele ser limitante de la producción primaria de los ecosistemas terrestres (Vitousek & Howard 1991).

Aunque en un primer momento la deposición de N puede incrementar la producción de los bosques a corto-medio plazo, si se presenta con carácter crónico, a medio-largo plazo llega a producir la saturación de los sumideros bióticos (producción primaria, inmovilización microbiana) y abióticos (retención en el complejo de cambio y en la materia orgánica del suelo) que operan en el ecosistema secuestrando las entradas contaminantes de N (Blanes et al. 2012a), llevando a un exceso de disponibilidad de formas reactivas de N en el suelo, con efectos subsiguientes de lixiviación de nitrato, depleción de cationes básicos y acidificación adicional, que eventualmente reducen la producción y conducen al declive forestal (Magill et al. 1997; Gundersen et al. 1998). Este síndrome recibe el nombre de “Saturación de N” (*sensu* Aber et al. 1989).

Existen cada vez más evidencias que demuestran el papel crítico que desempeña la deposición de N en el balance nutricional de los bosques (Erisman & Vries 2000; Aber et al. 2003), llegando incluso a inducir un cambio en el nutriente que actúa como limitante (Carreira et al. 1997, Gress et al. 2007, Blanes et al. 2012b). Uno de los principales candidatos a este respecto es el fósforo (P), indicando diversos estudios en bosques de regiones templadas que la relación entre tasas elevadas de deposición de N y deficiencias/limitación por P es común (Harrison et al. 1999; Gradowski et al. 2006; Braun et al. 2010), aunque no universal (Groffman and Fisk, 2011). No obstante, el problema de la Saturación de N y sus implicaciones nutricionales sobre los bosques está mucho menos estudiado en el caso de los ecosistemas mediterráneos (Ochoa-Hueso et al. 2011).

Nuestros trabajos previos indican que existe un gradiente geográfico de deposición de N con la distancia al área industrializada del Campo de Gibraltar (Salido 2007). En particular, hemos estudiado bosques de *Abies pinsapo*, detectando síntomas de saturación de N y de limitación por P en las masas de bosque localizadas cerca de la fuente contaminante (Sierra Bermeja). Así, para testar la hipótesis del papel del desbalance nutricional, provocado por la deposición crónica de N, sobre el declive del bosque se han realizado tratamientos de fertilización compensatoria con P para evaluar el efecto de dicho aporte sobre la restauración de las relaciones estequiométricas entre nutrientes y la eventual recuperación de la producción primaria y el crecimiento de los árboles.

Dado el carácter de *Abies pinsapo* como especie relicta y protegida por la legislación andaluza como “en peligro de extinción”, resulta oportuno efectuar un diagnóstico preciso del desbalance nutricional N/P en los pinsapares sujetos a altas tasas de deposición de N, así como del alivio de los síntomas de declive mediante el tratamiento de fertilización compensatoria, resultando una actividad idónea como TFG para estudiantes del Grado en Ciencias Ambientales.



UNIVERSIDAD DE JAÉN

## 6. HIPÓTESIS DE TRABAJO

- La relación N/P en las acículas de los árboles de los bosques de *Abies pinsapo* cercanos al área industrializada del Campo de Gibraltar (Sierra Bermeja) mostrarán relaciones N/P más elevadas.
- Esta relación se reducirá a valores normales mediante el aporte de P realizado en los tratamientos de fertilización compensatoria.
- Existirán diferencias en el patrón de descenso de la concentración de N con la edad de las hojas entre parcelas Fertilizadas y Control, previéndose una acumulación de N en las hojas de mayor edad como consecuencia del consumo de lujo de N en los árboles con síntomas de Saturación.

## 7. BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR

1. Revisión bibliográfica sobre el tema de la Saturación de N y sus efectos sobre el balance nutricional de los árboles.
2. Muestreo de tejidos foliares (acículas de todas las cohortes de edad) en parcelas Control y Fertilizadas en el pinsapar de Sierra Bermeja en dos altitudes distintas.
3. Realización en el laboratorio de análisis químicos del contenido total de C, N y P, así como de variables morfométricas (área y peso específicos) y de dinámica poblacional (vida media, curvas de supervivencia por cohorte), de las acículas de las distintas parcelas.
4. Tratamiento numérico y estadístico de los datos obtenidos; interpretación de resultados.
5. Realización del diagnóstico sobre el estado nutricional de los árboles estudiados, su relación con la contaminación atmosférica y el tratamiento de fertilización.
6. Redacción de la Memoria.

## 8. DOCUMENTACIÓN/BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA CITADA EN "ANTECEDENTES"

- Aber, J.D., K.J. Nadelhoffer, P. Steudler, J.M. Melillo. 1989. Nitrogen Saturation in Northern Forest Ecosystems. *Bioscience* 39: 378-386.
- Aber J.D., C.L. Goodale, S.V. Ollinger, M.I. Smith, A.H. Magill, M.E. Martin, R.A. Hallet, J.L. Stoddard. 2003. Is Nitrogen deposition altering the Nitrogen status of Northeastern forests? *BioScience* 53: 375-389.
- Blanes, M.C., B.A. Emmett, B. Viñeola, J.A. Carreira. 2012a. Alleviation of P limitation makes tree roots competitive for N against microbes in a N-saturated forest: a test through P fertilization and <sup>15</sup>N labelling in *Abies pinsapo* stands. *Soil Biology and Biochemistry* 48: 51- 59.
- Blanes, M.C., B. Viñeola, M.T. Salido, J.A. Carreira. 2012b, online. Coupled soil-availability and tree-limitation nutritional shifts induced by N deposition: insights from N to P relationships in *Abies pinsapo* forests. *Plant and Soil* (DOI: 10.1007/s11104-012-1397-y).
- Bolin, B. et al. (1972). Sweden's Case Study for the United Nations Conference on the Human Environment: Air Pollution Across National Boundaries. Norstadt & Sons: Stockholm, 1972.
- Braun S., Thomas V.F.D., Quiring R., Flickiger W. 2010. Does nitrogen deposition increase forest production? The role of phosphorus. *Environ Pollut* 158:2043-2052.
- Carreira, J.A., A.F. Harrison, L.J. Sheppard, C. Woods. 1997. Reduced soil P availability in a Sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) plantation induced by applied acid-mist: significance in forest decline. *Forest Ecology and Management* 92: 153- 162.
- Cowling, E.B. 1982. Acid precipitation in historical perspective. *Environ. Sci. Technol.* 16.
- Erisman J.W., de Vries W. 2000. Nitrogen deposition and effects in European forests. *Environ. Reviews* 8:65-93.
- Fenn ME, Poth MA, Aber JD, Baron JS, Bormann BT., Johnson DW, Lemly AD, McNulty SG, Ryan DF and Stottlemeyer R 1998 Nitrogen excess in north american ecosystems: predisposing factors, ecosystem responses, and management strategies. *Ecol. App.* 8: 706-733.
- Galloway JN, Aber JD, Erisman JW, Seitzinger SP, Howarth RW, Cowling EB and Cosby BJ 2003 The Nitrogen Cascade. *BioScience* 53: 341-356.
- Gradowski T., Thomas S.C. 2006. Phosphorus limitation of sugar maple growth in central Ontario. *Forest Ecol Manag* 226:104-109.
- Gress S.E, Nichols T.D., Northcraft C.C., Peterjohn W.T. 2007. Nutrient Limitation in Soils Exhibiting Differing Nitrogen Availabilities: What Lies beyond Nitrogen Saturation? *Ecology* 88:119-130.
- Groffman, P.M., Fisk M.C. 2011. Phosphate additions have no effect on microbial biomass and activity in a northern hardwood forest. *Soil Biol Biochem* 43:2441-2449.



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Gundersen P., Emmett B.A., Kjonaas O.J., Koopmans C.J., Tietema A. 1998. Impact of nitrogen deposition on nitrogen cycling in forests: A synthesis of NITREX data. *Forest Ecol. Manag.* 101:37-56.

Harrison A.F., Carreira J.A., Poskitt J.M., Robertson S.M.C., Smith R., Hall J., Hornung M., Lindley D.K. 1999. Impacts of acidifying pollutant inputs on forest canopy condition in the U.K.: possible role of P limitations. *Forestry* 72:367-377

Hedin, L.O., G.E. Likens, F.H. Bormann. 1987. Decrease in precipitation acidity resulting from decreased SO<sub>4</sub> concentration. *Nature* 325: 244-246.

Hedin, L.O., L. Granat, G.E. Likens, T.A. Buisahnd, J.M. Galloway, T.J. Butter, H. Rodhe. 1994. Steep declines in atmospheric base cations in regions of Europe and North America. *Nature* 367: 351-354.

Magill A.H., Aber J.D., Hendricks J.J., Bowden R.D., Melillo J.M., Steudler P.A. 1997. Biogeochemical response of forest ecosystems to simulated chronic nitrogen deposition. *Ecol. Appl.* 7:402-415

Nihlgard, B. 1985. The ammonium hypothesis - An additional explanation to the forest dieback in Europe. *Ambio* 14: 2-8.

Ochoa-Hueso R., Allen E.B., Branquinho C., Cruz C., Dias T., Fenn M.E., Manrique E., Pérez-Corona M.E., Sheppard L.J., Stock W.D. 2011. Nitrogen deposition effects on Mediterranean-type ecosystems: an ecological assessment. *Environ Pollut.* 159:2265-2279.

Salido M.T. 2007. Evaluación del estado de saturación de nitrógeno en masas de pinsapar (*Abies pinsapo*, Boiss.) del sur de la Península Ibérica: patrones generales de entrada, circulación interna y salida del nitrógeno en el ecosistema. Tesis Doctoral, Universidad de Jaén.

Vitousek, P.M., R.W. Howarth. 1991. Nitrogen limitation on land and in the sea: how can it occur?. *Biogeochemistry* 13: 87-115.

Vitousek PM, Aber JD, Howarth RW, Likens G., Matson PA, Schindler DW, Schlesinger WH and Tilman DG 1997 Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecol. App.* 7: 737-750.

OTRA BIBLIOGRAFÍA/DOCUMENTACIÓN RELEVANTE:

BINKLEY, D.; C.T. DRISCOLL, H.L. ALLEN, P. SCHOENEBERGER & D. McAVOY. 1989. Acidic deposition and forest soils: context and case studies of the Southeastern United States. *Ecological studies* nº 72, Springer-Verlag, New York.

JOHNSON D. & S.E. LINDBERG (eds.). 1992. Atmospheric deposition and forest nutrient cycling. *Ecological studies* nº 92, Springer-Verlag, New York.

NIHLGARD, B. 1985. The ammonium hypothesis - An additional explanation to the forest dieback in Europe. *Ambio* 14: 2-8.

SCHULZE, E.D.; O.L. LANGE & R. OREN (eds.). 1989. Forest decline and air pollution. Springer-Verlag, Berlin.

## 9. CRONOGRAMA PROVISIONAL

Semana	A5 - Trabajo fin de Grado	Trabajo autónomo	Observaciones
Semanas 1 y 2	2.0	19.0	Presentación por parte del Tutor del tema del TFG/entrega documentación y bibliografía relevante a revisar por estudiante. Trabajo de revisión bibliográfica inicial y estudio de conceptos generales y específicos sobre efectos de la lluvia ácida en bosques y desequilibrios nutricionales en los árboles.
Semana 3	0.0	24.0	Realización de los muestreos de campo en parcelas Fertilizadas y Control.
Semanas 4 y 5	0.0	48.0	Tareas de pre-procesamiento y preparación de muestras (tejidos vegetales, acículas de diferente edad).
Semanas 6 y 7	0.0	48.0	Realización de análisis de laboratorio (análisis morfométricos; análisis foliares I)
Semanas 8 y 9	0.0	48	Realización de análisis de laboratorio (análisis foliares II)
Semana 10	1.5	24	Revisión y análisis inicial de resultados. Guía sobre tratamientos numéricos y estadísticos, y respecto a la presentación de resultados.
Semana 11	0	24	Realización del tratamiento numérico, estadístico y gráfico de resultados.
Semanas 12, 13 y 14	1.5	60	Supervisión por el Tutor de la redacción del Trabajo Fin de Grado. Redacción del TFG y ensayo de su presentación pública por parte del estudiante.
<b>TOTALES:</b>	<b>5.0</b>	<b>295.0</b>	<b>300.0</b>