



V Jornada de Jóvenes Investigadores en la ETSI de Montes, Forestal y del Medio Natural

INVESTIGACIÓN e INNOVACIÓN en el SECTOR FORESTAL

Lugar: ETSI de Montes, Forestal y del Medio Natural.
Sala de Grados (Sede Montes)

Fecha: 19 de Marzo, Semana Forestal 2018

RESÚMENES DE LAS COMUNICACIONES

Web: blogs.upm.es/doctoradoifa
Organiza: Programa de Doctorado en Investigación Forestal Avanzada

9:30-9:40 h. INAUGURACIÓN DE LA JORNADA

9:40-10:30 h. Primera Sesión.

Valorando la estandarización como herramienta de desarrollo económico.
Daniel Massó Aguado

Integración de sistemas de retención variable en un modelo de planificación estratégica mediante técnicas multicriterio.
Marta Ezquerro García

A new procedure using network analysis and kernel density estimations to evaluate the effect of urban configurations on pedestrian mobility. The case study of Vitoria.
Javier Delso Martínez

Fire severity mitigation by prescribed burning in maritime pine stands.
Juncal Espinosa Prieto

Caracterización dasométrica de parcelas experimentales de quemas prescritas mediante el uso de pares de imágenes estereoscópicas hemisféricas.
Álvaro Liger Argudo

10:30-11:30 h. Segunda Sesión.

A multi-criteria genetic algorithm for harvest scheduling planning.
Pedro Belavenutti

Achieving efficiency: optimizing the regularity in the delivery of high standard Eucalyptus wood to pulp mills.
Silvana Ribeiro Nobre

Role of sacred natural sites in the conservation of vegetation in the north of Morocco.
Houda Ben Salah

Fenología reproductiva del corzo a lo largo del gradiente altitudinal: fecha y sincronización de los partos en Suiza.
Marta Peláez Beato

Higroscopicidad de la madera de Pinus sylvestris enterrada de 400 años de antigüedad y su comparación con madera juvenil y madura recién cortada.
Alberto García Iruela

Medición de los efectos de la eliminación de presas y azudes sobre los servicios ecosistémicos de los ríos usando los mapas de conocimiento difusos.
Gonzalo Rincón Sanz

11:30-12:00 h. Descanso.

12:00-13:00 h. Tercera Sesión.

NGScloud: RNA-seq analysis of non-model species using cloud computing.
Fernando Mora Márquez

Cuantificación del error en el genotipado mediante ddRADseq de progenies híbridas de Quercus ilex x Quercus suber.
Laura Guillardín Calvo

Estudio del estrés oxidativo en plantas jóvenes de Ulmus minor inoculadas con Ophiostoma novo-ulmi.
Adrián Conde Díaz

Claves genéticas y funcionales de la resistencia a la grafiosis y su relación con el microbioma.
Clara Martínez Arias

Los aminoácidos como fuente alternativa de nitrógeno para el cultivo de especies forestales de vivero.
José Ángel Sigala Rodríguez

Feral apple trees (Malus domestica Borkh) in the Guadarrama Range. At what extent are they spatially related to wild the crab apple tree (M. sylvestris Mill.)?
Alberto Arnal Olivares

13:00-13:50 h. Cuarta Sesión.

Uso de la correlación automática de imágenes aéreas en los inventarios forestales.
José Antonio Navarro Fernández

Caracterización de los ciclos fenológicos de la vegetación a escala global mediante series de tiempo de teledetección.
Laura Recuero Pavón

Evaluación de la calidad de estación a escala nacional.
Daniel Moreno Fernández

Recreación del modelo de crecimiento simple con deposición oblicua de Takashi Nagatani, y adaptación del modelo al ámbito forestal.
Paula González Prieto

Respuesta de los abetales pirenaicos a los cambios en la concentración de CO₂ atmosférico.
Mario Vera Barranco

14:00 h. Entrega de premios a las mejores comunicaciones.

CLAUSURA DE LA JORNADA

Las comunicaciones tienen una duración de **cinco minutos**. Tras las exposiciones de cada sesión hay un turno de preguntas y se desarrolla un pequeño debate entre los participantes en la sesión y el público asistente.

VALORANDO LA ESTANDARIZACIÓN COMO HERRAMIENTA DE DESARROLLO ECONÓMICO

Daniel Massó Aguado

G.I. Economía y sostenibilidad del medio natural UPM.

danielmasso@gmail.com

Resumen

Los estándares o normas técnicas están presentes en casi todas las actividades humanas y tienen una importancia cada vez mayor a través de su impacto en el comercio, la legislación, la innovación y las actividades de la infraestructura de la calidad; certificación, acreditación y metrología, entre otras.

Los mecanismos por los que las normas impactan en dichas actividades son conocidos y hay diversos estudios que tratan de cuantificarlos. Sin embargo, no existe una forma de medir el grado de estandarización de un sector industrial o de una economía. En esta Tesis Doctoral se pretende analizar el grado de estandarización de la industria de productos derivados de la madera en Europa.

Para ello, se propone crear un índice que agrupe distintos indicadores, basados en los estudios anteriores y otros indicadores propios que se puedan desarrollar y que no se han usado previamente. A través del índice se pretende responder a la pregunta ¿Cómo de estandarizado está un sector o un país?, permitiendo hacer comparaciones entre sectores o valorar la evolución temporal en un mismo ámbito.

Se espera que al profundizar en este conocimiento se puedan descubrir nuevos mecanismos de impacto de la estandarización y sacar a la luz nuevas relaciones entre los mecanismos ya conocidos. A través de ellos, tal vez se puedan responder a otras preguntas relacionadas, como por ejemplo; ¿está un sector suficientemente estandarizado? ¿existe un punto óptimo de desarrollo de estándares? ¿es conveniente asignar recursos al desarrollo de estándares en un sector?

La tesis aporta un alto grado de novedad, puesto que es la primera vez que se adopta este enfoque, a través de un índice, para analizar la importancia de la normalización. También es la primera vez que se usarán determinados indicadores, que serán de creación propia.

Palabras clave: estandarización, normalización, norma técnica, cadena de valor de madera, sector de la madera, índice, comparación sectorial, valoración económica, impacto económico, industria forestal.

INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE RETENCIÓN VARIABLE EN UN MODELO DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA MEDIANTE TÉCNICAS MULTICRITERIO

Marta Ezquerro García

G.I. Economía y Sostenibilidad del Medio Natural. UPM.

marta.ezquerro@upm.es

Resumen

Durante las últimas décadas, se ha producido un cambio en los bienes forestales demandados la sociedad, y por tanto, la gestión forestal debe adaptarse a esta nueva preocupación por los diferentes servicios ecosistémicos. De esta forma, la planificación actual ya no debe orientarse a la producción maderera, sino que deben desarrollarse nuevas estrategias orientadas a beneficiar otros aspectos, como la conservación de la biodiversidad. En este trabajo, se han integrado criterios productivos, técnicos y ambientales, en una planificación forestal estratégica a largo plazo y se han considerado diferentes alternativas silvícolas. De esta forma, frente al sistema de cortas tradicionalmente empleado (*Business As Usual*), se ha introducido una alternativa selvícola denominada *retención variable*, que consiste en la retención de arbolado en pie hasta la decrepitud de la masa. Esta retención puede realizarse de forma dispersa o agregada, aunque en este modelo se propone la combinación de ambas como la mejor estrategia para aplicar estos sistemas de retención en verde. En primer lugar, para analizar el grado de conflicto entre los objetivos, se ha generado una matriz de pagos. En vista de los resultados obtenidos, se recurre al empleo de técnicas multicriterio capaces de lidiar con el conflicto entre objetivos y se realizan diversas interacciones con un centro decisor. Estas interacciones abarcan desde la selección de criterios, la asignación de pesos preferenciales hasta que el gestor del monte elige la mejor solución entre un conjunto de alternativas posibles. El procedimiento analítico se basa en la programación por metas extendidas que se ha aplicado en el Pinar de Valsaín. Los resultados obtenidos muestran cómo la metodología empleada proporciona soluciones aceptables para el centro decisor y asegura niveles intermedios de cumplimiento entre criterios. Por último, es posible analizar el coste de oportunidad de introducir superficies de retención frente al sistema de cortas tradicional, en aras de cumplir con los objetivos de conservación considerados en el caso de estudio.

Palabras clave: planificación estratégica; técnicas multicriterio; matriz de pagos; retención variable; biodiversidad.

A NEW PROCEDURE USING NETWORK ANALYSIS AND KERNEL DENSITY ESTIMATIONS TO EVALUATE THE EFFECT OF URBAN CONFIGURATIONS ON PEDESTRIAN MOBILITY. THE CASE STUDY OF VITORIA –GASTEIZ

Javier Delso Martínez
TRANSyT-UPM
javier.delso@upm.es

Resumen

Caminar es el modo más sostenible de transporte: no es costoso, no produce emisiones de gases de efecto invernadero, proporciona beneficios importantes para la salud y es accesible para la mayor parte de la población, con independencia de su nivel de ingresos. Tradicionalmente, los planificadores urbanos han relegado la movilidad peatonal a un segundo plano, priorizando el diseño urbano para el uso del coche lo que ha reducido el valor social de los espacios públicos, concebidos inicialmente como lugares de encuentro, integración e interacción entre los ciudadanos. Sin embargo, en los últimos años esta tendencia está cambiando. Existen numerosas propuestas municipales que consisten en nuevas configuraciones urbanas que dan prioridad a los modos no motorizados. Así, como ejemplos de estas nuevas configuraciones urbanas, en ciudades como Vitoria y Barcelona se están implantando supermanzanas, que son células urbanas en las que el transporte motorizado se transfiere a las calles perimetrales. En este trabajo se propone una metodología con la que evaluar las posibles mejoras que la implementación de estas nuevas configuraciones puede suponer para la movilidad peatonal. La metodología integra datos de viajes peatonales obtenidos de una encuesta de movilidad domiciliaria con análisis de redes y estimación de densidades kernel de barreras peatonales sobre una red de calles para evaluar cómo afectan los cambios en la posición de barreras peatonales con cada escenario. La estimación de densidades kernel se ha realizado con la función “Equal Split”. Esta herramienta se ha demostrado útil en el cálculo de densidades kernel en el ámbito urbano, superando los problemas y limitaciones del cálculo de densidades kernel con distancias euclidianas cuando los eventos se sitúan sobre una red. Los resultados sugieren un descenso de aproximadamente del 5% en los tiempos de viaje con la implementación de las supermanzanas. La metodología se ha probado útil para evaluar las condiciones para los peatones e identificar zonas prioritarias de actuación.

Palabras clave: movilidad peatonal, densidad kernel sobre una red (NKDE), SIG, Conectividad peatonal.

FIRE SEVERITY MITIGATION BY PRESCRIBED BURNING IN MARITIME PINE STANDS

Juncal Espinosa Prieto*
INIA-CIFOR Incendios Forestales.
espinosa.juncal@inia.es

Resumen

Los incendios forestales son un fenómeno ampliamente extendido en casi todos los continentes, afectando a un rango muy variado de ecosistemas. Los cambios socioeconómicos y las previsiones futuras sobre el cambio climático auguran periodos de incendios más largos y más severos. La quema prescrita, como tratamiento selvícola, permite disminuir la cantidad y la continuidad (horizontal y vertical) del combustible, por lo que puede amortiguar la severidad potencial de estos. En este estudio se ha comparado la efectividad de la quema prescrita en masas de *Pinus pinaster* Ait con distinta longevidad, en tres regiones (Portugal, Italia y Australia). La importancia de los datos con los que se ha trabajado radica en la dificultad de obtenerlos ya que se ha contrastado el efecto de la quema en el comportamiento del fuego en incendios reales.

Para determinar el tiempo de persistencia de los efectos favorables de la quema, se ha utilizado la altura de chamuscado de la copa y la altura de chamuscado del tronco como variables representativas. Los resultados obtenidos muestran que en condiciones extremas de meteorología (Índice Meteorológico de Peligro ≥ 37) la efectividad de la quema, en función de la altura de chamuscado de la copa, se prolonga hasta 3 años. En este sentido, algunos estudios previos, destacan que bajo estas condiciones no está garantizado que la quema pueda evitar que la zona vuelva a arder y que además lo haga con gran severidad. Cuando el Índice es ≤ 23 el tiempo en el que las quemas pueden garantizar su efectividad es 7,5 años y se dilata hasta 14 años si la variable considerada es la altura de chamuscado del tronco (no siendo, en este caso, significativa la influencia del Índice Meteorológico). La variabilidad explicada por las dos variables es del 40% y 65% respectivamente. Este resultado era esperado teniendo en cuenta las diferencias del medio de los casos estudiados: pendiente, dirección de propagación, viento local, humedad del combustible, etc. Asimismo, el rango meteorológico es muy amplio y el intervalo de tiempo transcurrido entre las quemas y los incendios pequeño (0,3 a 13 años). En este tipo de estudios, se debe prestar mucho cuidado en el manejo de los datos ya que la muestra de siniestros analizada es pequeña al venir condicionada por el oportunismo del diseño, en la medida que los incendios forestales no pueden ser planificados.

Palabras clave: severidad, longevidad de quema, altura de chamuscado de copa, desfronde.

Espinosa, J^{1}; Fernandes, P²; Hernando, C^{1,3}

¹INIA, Forest Research Centre, Department of Silviculture and Forest Management, Forest Fire Laboratory. ²Centro de Investigação e de Tecnologias Agro-Ambientais e Tecnológicas and Departamento Florestal, UTAD. ³iuFOR, University Institute for Sustainable Forest Management, uVA-INIA.

CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DE PARCELAS EXPERIMENTALES DE QUEMAS PRESCRITAS MEDIANTE EL USO DE PARES DE IMÁGENES ESTEREOSCÓPICAS HEMISFÉRICAS

Álvaro Liger Argudo*

INIA-CIFOR Dpto. Silvicultura y gestión de los sistemas forestales.

alv.ligero@gmail.com

Resumen

En el marco del Proyecto GEPRIF y el Proyecto SCALyFOR, enfocados a la generación de una base de conocimientos necesarios para conseguir una gestión basada en la resiliencia a los incendios forestales y al cambio climático, se ha llevado a cabo un trabajo que explora la posibilidad de aplicar la metodología basada en la estereoscopia de fotos hemisféricas para la caracterización dasométrica de dos tipologías de masas (puras de *Pinus nigra* subsp. *salzmanii* Arnold y mixtas con *Pinus pinaster* Ait.) de la Serranía de Cuenca, en las que se están llevando a cabo estudios sobre la afección de las quemaduras prescritas al arbolado, y así agilizar la toma de datos y mejorar su seguimiento. Para esta caracterización se ha llevado a cabo un inventario dasométrico, junto con la obtención de pares de fotografías estereoscópicas hemisféricas con el sistema *ForeStereo* en parcelas de 30 x 30 m². La metodología de estimación de variables dasométricas a partir de los datos de *ForeStereo* se ha adaptado para este tipo de masas forestales caracterizadas por altas fracciones de cuba cubierta y densidades elevadas de pies de las clases diamétricas más bajas principalmente, utilizando la aplicación informática desarrollada por los investigadores del INIA para llevar a cabo el procesado de las imágenes estereoscópicas hemisféricas y comparando los resultados con las estimaciones derivadas del inventario tradicional.

A partir de las imágenes hemisféricas se ha estimado también el índice de área foliar (LAI) para corroborar que dichas estimaciones tienen correlación y así emplear esta metodología en el estudio de la afección de la copa por las quemaduras prescritas. Para realizar dicha correlación se ha calculado el LAI por medio de la superficie foliar específica (SLA) de cada especie y la producción de biomasa en las copas, obtenida por medio de las ecuaciones alométricas desarrolladas a partir del diámetro normal y la altura de cada árbol.

Los resultados muestran que es posible la aplicación de esta metodología a la caracterización dasométrica de la masa, con una asignación automática del ancho de banda como el percentil 5% de las longitudes de los segmentos correspondientes a las proyecciones de las secciones identificadas durante el proceso de segmentación y correspondencia estereoscópica de las imágenes, y al estudio de la evolución de esta después de la realización de las quemaduras prescritas.

Palabras clave: variabilidad Incendios forestales, cambio climático; estereoscopia; efectos del fuego; resiliencia; *ForeStereo*.

*Ligero A¹, Madrigal J^{2,3}, Montes F^{2,3}, Guijarro M^{2,3}, Hernando C^{2,3}

¹Montes-UPM. ²INIA, Centro de Investigación Forestal. ³uFOR, Inst. Universitario de Gestión Forestal Sostenible, uVA-INIA.

A MULTI-CRITERIA GENETIC ALGORITHM FOR HARVEST SCHEDULING PLANNING

Pedro Belavenutti

G.I. Economía y Sostenibilidad del Medio Natural. UPM
inv.florestal@gmail.com

Resumen

In production forest systems, decision-makers create management plans to determine wood production levels, integrating operational and environmental requirements. Conventionally, optimization models (e.g. linear programming) provide effective methods to solve forest planning problems, resulting a set of optimal management prescriptions. However, linear models present some limitations related to the problem complexity when considering spatial distribution of landscape components. Therefore, heuristic procedures show to be helpful to solve the problem. Between them, genetic algorithms are stochastic optimization heuristic based on the mechanism of natural selection and evaluation. The purpose of the presentation is to share the lessons learned from implementing this alternative approach in forest planning. The method offers several potential applications in this field.

Palabras clave: forest management; optimization; heuristic.

ACHIEVING EFFICIENCY: OPTIMIZING THE REGULARITY IN THE DELIVERY OF HIGH STANDARD EUCALYPTUS WOOD TO PULP MILLS

Silvana Ribeiro Nobre*

ECSEN - Economía y Sostenibilidad del Medio Natural. UPM.

silvana.nobre@gmail.com

Resumen

Environmental concerns bring challenges and opportunities to the forest industry. Sustainable timber and fibers have become increasingly attractive. Global fiber demand is expected to grow by 1.1% a year, reaching 490 million tons by 2030. Following this trend, the Brazilian pulp industry has increased by 5.9% a year in the last 15 years, guaranteeing its position in the international market scenario. Meanwhile, eucalyptus timber became more expensive; sectoral inflation was 1.5 times higher than average Brazilian inflation. Forest plantations' productivity stabilized in the 2000s after 30 years of cumulative growth. Since the 1970s, the Brazilian pulp industry has invested in the quality of its plantations, which means investments in technology such as photosynthetic capacity and higher wood density. One of the remarkable results of these efforts is the availability of a variety of suitable genetic materials for plantations. Genetic variability may now contribute to further productivity growth. The objective of this paper is to use optimized forest planning to address efficiency in the use of forest resources. A long-term model was developed to deliver an adequate mix of genetic material over time. Specifically, it intends to (i) demonstrate the adoption costs of such a plan and (ii) compare it with the costs of adapting the industrial process to a flow of non-suitable mix of genetic material. A multi-criteria decision-making (MCDM) technique was used to represent a typical scenario of a Brazilian pulp mill that receives 800,000 m³ year⁻¹ of wood from 20,000 ha with a productivity of around 40 m³ ha⁻¹ year⁻¹. The criteria used in the model are pulp production, carbon sequestration, an adequate mix of genetic material, and cost. The results show that the cost of establishing an even flow of wood density mix is not higher than the pulp productivity deficit caused by a non-suitable genetic material mix.

Palabras clave: Multiple Criteria Decision-Making Techniques; Forest Planning; Optimization; Eucalyptus wood; pulpwood quality; Wood supply.

*Silvana Ribeiro Nobre¹, Luis Diaz-Balteiro¹, Luiz Carlos Estraviz Rodriguez²

¹UPM. ETSI de Montes, Forestal y del Medio Natural. ²Universidade de São Paulo – Departamento de Ciências Florestais.

ROLE OF SACRED NATURAL SITES IN THE CONSERVATION OF VEGETATION IN THE NORTH OF MOROCCO

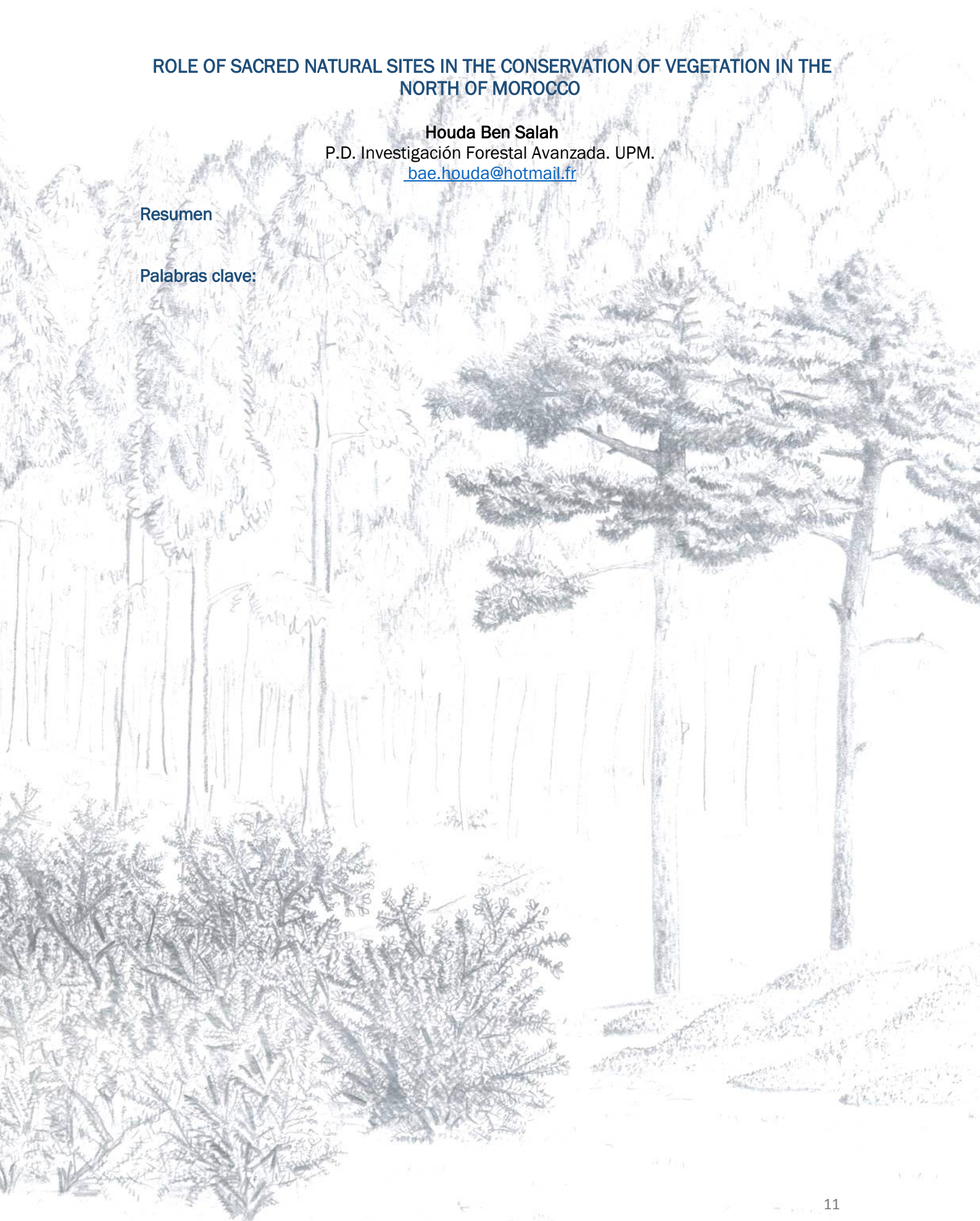
Houda Ben Salah

P.D. Investigación Forestal Avanzada. UPM.

bae.houda@hotmail.fr

Resumen

Palabras clave:



FENOLOGÍA REPRODUCTIVA DEL CORZO (*Capreolus capreolus*) A LO LARGO DEL GRADIENTE ALTITUDINAL: FECHA Y SINCRONIZACIÓN DE LOS PARTOS EN SUIZA

Marta Peláez Beato

Dpto. de Sistemas y Recursos Naturales. UPM.

marta.pelaez@upm.es

Resumen

En ambientes estacionales, la fenología reproductiva es un determinante clave de la aptitud de un individuo (en inglés; *fitness*). La capacidad de acompañar el periodo de mayor exigencia energética (final de la gestación o principio de la lactación) con el momento óptimo en cuanto a disponibilidad de recursos proporciona a las especies una ventaja adaptativa, favoreciéndolas través de la selección natural ya que la fecha de los nacimientos influyen tanto en el éxito reproductivo anual como en el futuro rendimiento reproductivo de los individuos. En el gradiente altitudinal, las condiciones ecológicas cambian drásticamente en escalas espaciales relativamente pequeñas, por ejemplo, en cuanto a la fenología de las plantas, su crecimiento y estacionalidad. Por lo tanto, la plasticidad y la adaptabilidad a estas variaciones en el espacio determinan la capacidad de la especie para adaptarse y colonizar nuevos ambientes.

En este estudio se ha utilizado una base de datos en la que se recolectó información sobre la fenología reproductiva del corzo en Suiza (7444 partos entre 1989-2015). En concreto, se estudió la variación en las fechas de los partos y su sincronización a lo largo del gradiente altitudinal. Partimos de dos hipótesis principales: H1) Las hembras de corzo a mayor altitud deberían tener los partos más tarde para acompañar su ciclo reproductivo con el retraso en el inicio de la primavera y H2) el parto debería ser más sincrónico a mayor altitud ya que estos ambientes presentan una estacionalidad más pronunciada y un período de crecimiento vegetativo más corto.

Los resultados mostraron que, aunque los partos no siguieron un gradiente altitudinal simple, la fecha y sincronización de los partos se adaptó al gradiente de estacionalidad. En las áreas de menor altitud, donde el inicio de la primavera es más avanzado y período de crecimiento vegetativo más largo, los partos fueron más tempranos y menos sincronizados mientras que en las zonas más elevadas, donde el inicio de la primavera es más tardío y el periodo de crecimiento vegetativo más corto, los partos fueron más tardíos y más sincronizados.

Palabras clave: corzo, fenología reproductiva, sincronización partos, estacionalidad.

HIGROSCOPICIDAD DE LA MADERA DE *Pinus sylvestris* ENTERRADA DE 400 AÑOS DE ANTIGÜEDAD Y SU COMPARACIÓN CON MADERA JUVENIL Y MADURA RECIÉN CORTADA

Alberto García Iruela

G.I. Tecnología de la Madera y el Corcho. UPM.

a.garcia@alumnos.upm.es

Resumen

Se ha estudiado la higroscopicidad de la madera enterrada de *Pinus sylvestris* de 400 años de antigüedad y se ha comparado con madera recién cortada, tanto juvenil como madura de la misma especie. Para ello se han obtenido las isotermas de sorción por el método Dynamic Vapour Sorption (DVS). El ajuste de las isotermas se ha realizado con el modelo Guggenheim, Anderson y de Boer-Dent (GAB). Con el fin de comprender el comportamiento experimentado por cada madera se han obtenido los espectros de infrarrojos (FTIR) y difractogramas de rayos X para cada muestra.

Las isotermas de sorción de madera enterrada se encuentran por encima de las de madera juvenil y madura. El punto de inflexión de la dominancia de la fisisorción sobre la quimisorción en cualquiera de las maderas estudiadas se sitúa en torno al 30%.

La madera enterrada presenta menor longitud del cristal e índice de cristalinidad, provocando un mayor número de zonas amorfas y por consiguiente mayor número de grupos funcionales -OH accesibles al agua de sorción de la monocapa. Debido a esto, el contenido de humedad de saturación de la monocapa (X_m) es mayor en madera enterrada que en madera juvenil y madura.

Palabras clave: Higroscopicidad, madera, DVS, GAB, isotermas, FTIR, Técnica-XRD, Contenido de Humedad de Equilibrio.

MEDICIÓN DE LOS EFECTOS DE LA ELIMINACIÓN DE PRESAS Y AZUDES SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS RÍOS USANDO LOS MAPAS DE CONOCIMIENTO DIFUSOS

Gonzalo Rincón Sanz*

Unidad de Anatomía, Fisiología y Genética Forestal. UPM.

gonzalorinconsanz@gmail.com

Resumen

España es uno de los países del mundo con el mayor número de barreras en sus ríos. Estudios recientes estiman la existencia de unos 20000 obstáculos, incluyendo presas y azudes, en los ríos españoles. Esto supone un serio problema para la conectividad longitudinal de los ríos, las comunidades de peces y el transporte de sedimentos. De entre las actuaciones de gestión fluvial, la eliminación del obstáculo que está generando un impacto ha demostrado ser una de las más efectivas para recuperar los procesos naturales del río en el medio-corto plazo. Sin embargo, esta acción se encuentra con muchas dificultades para su ejecución y deberá desarrollarse teniendo en cuenta múltiples factores ambientales, sociales y económicos. Por el momento una de las herramientas para cuantificar los efectos de actuaciones de restauración son los estudios coste-beneficio, sin embargo se presentan varios problemas en su aplicación debido a la ausencia de precedentes en nuestro país para actuaciones similares, además de lidiar con la dificultad de tratar de aplicar un concepto puramente económico para la valoración de variables ambientales. Se propone el uso de los Mapas de Conocimiento Difuso (o Fuzzy Cognitive Maps), una metodología que ha demostrado ser útil para la modelización de sistemas complejos, para medir los efectos de la eliminación de una barrera en los Servicios Ecosistémicos (ES) de los ríos así como sobre indicadores de bienestar humano. Este análisis se ha realizado mediante entrevistas a expertos en temas fluviales, con lo que se ha generado una matriz de correlaciones en la cual se han ponderado las relaciones entre las variables del sistema. A continuación, se realizarán simulaciones pre y post eliminación comparando los valores de cada variable con el objetivo de cuantificar su variación después de haberse realizado dicha eliminación. Para las simulaciones hemos utilizado varios casos reales de eliminación de obstáculos realizadas en España. Esto nos permitirá comparar el precio de la eliminación con las posibles mejoras sobre las variables producidas tras la gestión del obstáculo. Nuestra intención es proponer una metodología de gestión que permita evaluar los efectos de la eliminación de barreras en los ríos españoles atendiendo a escenarios plausibles de gestión basados en conocimiento experto.

Palabras clave:

*Gonzalo Rincón¹, Carlos Alonso¹, Diego García de Jalón¹, Gustavo González², Joaquín Solana-Gutiérrez¹
¹. E.T.S.I. Montes, Forestal y del Medio Natural, UPM. ². ICTHIOS Gestión Ambiental s.l.

NGScloud: RNA-seq ANALYSIS OF NON-MODEL SPECIES USING CLOUD COMPUTING

Fernando Mora Márquez

G.I. Genética, Fisiología e Historia Forestal. UPM.

fernandomoram Marquez@gmail.com

Resumen

RNA-seq (RNA sequencing) es una técnica de secuenciación masiva que permite determinar las secuencias de RNA y la cantidad de cada una ellas que presenta una muestra biológica en un momento dado y hacer el seguimiento de su evolución a lo largo del tiempo. La secuenciación genera gran cantidad de datos. Asimismo, los algoritmos empleados en el análisis bioinformático son muy complejos, particularmente los empleados en el ensamblaje de las lecturas (secuencias de nucleótidos). Por tanto, los requerimientos *hardware* para el análisis de un experimento RNA-seq son muy elevados en términos del número de CPU y GiB de memoria RAM. Estos requerimientos no siempre están disponibles en los centros de investigación. En tales casos, la computación en la nube es una solución para el análisis de estos experimentos ya que proporciona una capacidad de proceso adaptable, pudiendo así ajustar el hardware usado a las necesidades de los datos del experimento.

NGScloud es un sistema bioinformático desarrollado para analizar datos obtenidos de un experimento RNA-seq usando la computación en la nube ofrecida por AWS (Amazon Web Services). Este sistema ofrece una interfaz amigable que facilita al investigador operar con los recursos hardware de AWS. Implementa el flujo de trabajo del análisis de datos RNA-seq, ofreciendo el uso de varias aplicaciones bioinformáticas de uso libre para la realización de cada etapa del análisis. Se facilita el proceso de las aplicaciones ya que guía al investigador en la elección de los ficheros de entrada y el resto de parámetros, encapsulando la complejidad de la línea de comandos.

NGScloud incorpora el concepto de clúster: un conjunto de ordenadores conectados entre sí y controlados por un software que reparte los procesos que se ejecutan en cada uno de ellos. Esto permite ejecutar una aplicación con distintos parámetros a la vez o repartir el proceso de una aplicación entre varios ordenadores, si ésta lo admite. Con ello, se pueden conseguir un importante aumento del rendimiento en los análisis de experimentos RNA-seq.

NGScloud está orientado a especies no modelo cuyos genomas de referencia no son conocidos y de gran tamaño, como son la mayor parte de las especies forestales leñosas.

Palabras clave: análisis bioinformático, computación en la nube, especies forestales leñosas, RNA-seq.

CUANTIFICACIÓN DEL ERROR EN EL GENOTIPADO MEDIANTE ddRADseq DE PROGENIES HÍBRIDAS DE *Quercus ilex* x *Quercus suber*

Laura Guillardín Calvo

G.I. Genética, Fisiología e Historia Forestal. UPM.

lp.guillardin@alumnos.upm.es

Resumen

ddRADseq (double digested restriction site associated DNA sequencing) es una técnica de genotipado que permite el submuestreo del genoma mediante la doble digestión de endonucleasas de restricción. Esta técnica permite reconocer y analizar polimorfismo genético (SNPs) sobre miles de loci en organismos no modelo de los que no se dispone de genoma de referencia. Al igual que en otras metodologías, ddRADseq presenta una serie de errores de distinta naturaleza, que pueden provocar efectos en posteriores inferencias y así, conducir a conclusiones biológicas incorrectas.

La cuantificación del error técnico en el genotipado de progenies híbridas de *Q. ilex* x *Q. suber* forma parte del Proyecto de Investigación SUBERINTRO que se lleva a cabo por miembros del Grupo de Investigación de Genética, Fisiología e Historia Forestal. En dicho proyecto se analizan progenies de medios hermanos de encinas, alcornoques e individuos híbridos con el objetivo de seleccionar material vegetal de base para proyectos de mejora enfocados a la calidad del corcho.

Para determinar el error debido a la secuenciación se han construido dos librerías *in silico* procedentes de los genomas de *Q. robur* y *Q. lobata*, que son las únicas especies del género *Quercus* cuyos genomas se encuentran disponibles. Las librerías se han diseñado mediante el software ddRADseqTools, cada librería se compone de cinco individuos y una réplica. Además, se dispondrá en breve de los resultados de un muestreo piloto con cinco individuos + una réplica reales analizados con ddRADseq. El hecho de analizar individuos replicados permite estimar ratios de error y determinar la profundidad de secuenciación necesarias para obtener resultados satisfactorios. El análisis de las librerías *in silico* e *in vitro* construidas se analizarán mediante pipelines de análisis de ddRADseq como son ipyRAD y otros algoritmos (STARCODE, VSEARCH), cuya funcionalidad se está implementando dentro del software NGScloud2.

Palabras clave: ddRADseq, hibridación, *Q. suber*, *Q. ilex*, SNPs.

ESTUDIO DEL ESTRÉS OXIDATIVO EN PLANTAS JÓVENES DE *Ulmus minor* INOCULADAS CON *Ophiostoma novo-ulmi*

Adrián Conde Díaz

G.I. Genética, Fisiología e Historia Forestal. UPM.

adrian.conde.diaz@alumnos.upm.es

Resumen

La grafiosis, una enfermedad ocasionada por patógenos del género *Ophiostoma*, ha devastado casi la totalidad de la población de olmos en Europa y América del Norte desde su primer brote en la década de los 20.

Esta enfermedad consiste en la rápida desecación de los árboles debido a la obstrucción de los vasos conductores del xilema causada por la liberación de toxinas por parte del hongo y que conlleva un déficit hídrico en la planta.

Una de las estrategias más prometedoras para la repoblación de olmos, y la consecuente recuperación de las masas forestales asociadas a esta especie, es la detección y propagación de clones tolerantes a dicha enfermedad.

El largo período juvenil del olmo, y de las plantas leñosas en general, impiden una rápida determinación de la tolerancia o susceptibilidad de los individuos a la enfermedad, ya que esta propiedad puede analizarse únicamente en individuos adultos. Por ello, desarrollar herramientas que pongan de manifiesto dichas características en menor tiempo son de gran utilidad para la detección de individuos potencialmente útiles para la repoblación de la especie.

En este sentido, se propone desarrollar métodos basados en propiedades bioquímicas de plantas jóvenes de *Ulmus minor* que permitan detectar tolerancia a la grafiosis en estadios tempranos del desarrollo. Concretamente, se busca identificar parámetros del estrés oxidativo ocasionado por el patógeno que sirvan como indicador de dicha tolerancia. El estrés oxidativo se manifiesta cuando las especies reactivas de oxígeno (ROS), moléculas producidas de forma natural en el metabolismo de organismos aeróbicos, se acumulan en gran cantidad y oxidan diferentes macromoléculas, dañando estructuras celulares e interrumpiendo rutas metabólicas importantes.

Este estudio propone correlacionar distintos valores bioquímicos con la tolerancia a la grafiosis, comparando el clon tolerante V-AD 2 y el clon susceptible VA-AP 38, con el fin de aplicar, en un futuro, dichas predicciones a un muestreo natural de mayor diversidad. Los indicadores que se desean cuantificar son, principalmente, actividades enzimáticas implicadas en la detoxificación de ROS (catalasas, peroxidasas, superóxido dismutasas...), compuestos secundarios del metabolismo vegetal asociados a la defensa frente a patógenos, como fenoles y flavonoides, y parámetros de estrés oxidativo como la acumulación de prolina y la peroxidación lipídica.

Palabras clave: *Ulmus minor*, *Ophiostoma novo-ulmi*, tolerancia a grafiosis, estrés oxidativo,

CLAVES GENÉTICAS Y FUNCIONALES DE LA RESISTENCIA A LA GRAFIOSIS Y SU RELACIÓN CON EL MICROBIOMA

Clara Martínez Arias

G.I. Genética, Fisiología e Historia forestal. UPM.

clara.martinez.arias@upm.es

Resumen

La grafiosis del olmo es una enfermedad, causada por el hongo ascomiceto *Ophiostoma novo-ulmi*, que afecta a distintas especies dentro del género *Ulmus*. En España la especie más afectada ha sido el olmo común o *Ulmus minor*, ocasionando una fuerte reducción de sus poblaciones. Gracias al Programa Español Para la Conservación de los Olmos (1986-actualidad) se ha permitido la identificación de varios genotipos tolerantes a la enfermedad. Las diferencias existentes entre genotipos tolerantes y susceptibles son todavía poco conocidas, aunque los resultados hasta el momento apuntan hacia una restricción del patógeno más eficiente por parte de los genotipos tolerantes. En la presente tesis se propone estudiar el papel de los hongos endófitos en esta tolerancia a la grafiosis, información que permitirá complementar resultados obtenidos hasta el momento en aspectos anatómicos, de respuesta química o fisiológica de la planta.

Los hongos endófitos forman parte del microbioma de la planta y han sido propuestos en numerosos estudios como organismos capaces de modificar la respuesta del hospedante ante estreses de tipo biótico y abiótico. En este caso se va a estudiar esta interacción a través del sistema biológico compuesto por el hospedante *Ulmus minor*, el patógeno *O. novo-ulmi* y la flora endófitica que compone al hospedante. Uno de los objetivos que se van a abordar en esta tesis pretende determinar el efecto que los endófitos ejercen en la fisiología de la planta, la tolerancia a *O. novo-ulmi* y a factores de estrés abiótico. Investigaciones previas han demostrado la existencia de hongos endófitos sistémicos cuya frecuencia de aparición se correlaciona con la tolerancia del hospedante al patógeno. Éstos endófitos han conseguido aislarse y serán utilizados con dos objetivos: I) determinar el efecto de esta selección de endófitos sistémicos en la respuesta y tolerancia de *U. minor* frente a *O. novo-ulmi* y II) evaluar el efecto de estos mismos hongos en la respuesta y tolerancia de *U. minor* a la sequía.

Por otro lado, se sabe que la flora endófitica que compone la planta es fácilmente modulable ante distintos cambios ambientales. En este aspecto pretendemos evaluar de qué manera se producen estas alteraciones tras someter distintos genotipos de olmo a estreses ambientales (estrés por inundación y sequía, y el efecto combinado de ambos). Los resultados nos permitirán asociar ciertas comunidades microbianas a distintos niveles de estreses abióticos y de la respuesta de la planta frente a ellos, además de determinar cuál de los genotipos es más tolerante a la combinación de estreses de cara a un futuro escenario de cambio climático.

Palabras clave: *Ulmus minor*, *Ophiostoma novo-ulmi*, tolerancia, hongos endófitos, estrés biótico, estrés abiótico

LOS AMINOÁCIDOS COMO FUENTE ALTERNATIVA DE NITRÓGENO PARA EL CULTIVO DE ESPECIES FORESTALES DE VIVERO

José Ángel Sigala Rodríguez*

G.I. ECOGESFOR Ecología y Gestión Forestal Sostenible. UPM.

ja.sigala@alumnos.upm.es

Resumen

Nitrogen (N) fertilization strongly influences seedling traits and, therefore, it enhances out-planting performance. Traditionally, it was assumed that inorganic N (such as NO_3^- and NH_4^+) was the only source of N for plants. However, in recent years many studies reveal that plants are able to acquire organic N (e.g. amino acids). A key difference between the two N sources is that the carbon cost of assimilating organic N is lower than that of inorganic N, mainly because of its carbon content. Nowadays, amino acids are considered as another source of N for some plants, but it has been little studied in nursery tree species. In our study, we analyzed whether organic N (amino acids mixture) applied as fertilizer promote similar plant growth as inorganic N in pine seedlings. Likewise, we examined whether the lowest metabolic cost of organic N would allow seedlings to improve some physiological traits related to stress tolerance. Our preliminary results showed that organic N was as effective as other inorganic N forms in promoting growth. Furthermore, some plant traits (e.g. photosynthetic pigments, proline) were optimized under organic N fertilization.

Palabras clave: fertilization, organic nitrogen, seedling quality, pine seedlings.

*José A. Sigala Rodríguez¹, Juan A. Oliet Palá¹, Mercedes Uscola²

¹G. I. ECOGESFOR, Departamento de Sistemas y Recursos Forestales. ETSI Montes. UPM. ²Departamento de Ciencias de la Vida, Universidad de Alcalá

FERAL APPLE TREES (*Malus domestica* Borkh) IN THE GUADARRAMA RANGE. AT WHAT EXTENT ARE THEY SPATIOALLY RELATED TO WILD THE CRAB APPLE TREE (*M. sylvestris* Mill.)?

Alberto Rafael Arnal Olivares

Departamento de Investigación Agroalimentaria. IMIDRA. Comunidad de Madrid.

alberto.arnal@madrid.org

Resumen

The apple tree (*Malus domestica* Borkh) and the European crab apple tree (*M. sylvestris* Mill.) are two species that belongs to the Apple genus (*Malus* spp) that cohabit in Europe. Whereas the second species is autochthonous, the first species is known to be a cultivated species that comes from the primary breeding of several species along the Silk Road. The domestication started in central Asia with *Malus sieversii* (Ledeb) M. Roem., and met other species that contributed to the gene pool of the apple tree: the Siberian crab apple (*M. baccata* (L.) Borkh), *M. orientalis* (Uglitzk) and, lately, the European crab apple.

The genetic flux of genetic material from the European crab apple to the apple tree is known but there is not a good knowledge of the backward process, especially in Spain. In other words, it is necessary to elucidate how the presence of apple crops affects in the population structure of our autochthonous species because both species are found in the Guadarrama mountain Range.

One of the initial steps in the morphologic and genetic study of populations is to know the spatial distribution of the individuals of the target species. To do so, apart from the raw evaluation of distances between trees, it is widely used the Moran's *I* index, a geoprocessing statistic that contrasts the null hypothesis "The spatial distribution is the result of random processes" against the alternative hypothesis "The spatial distribution is not the result of random processes", which can be "dispersed" or "clustered" depending on the sign of the Z score. For this, we got 216 *M. sylvestris* and 108 feral *M. domestica* in around 50 prospections.

The first draw of the analysis shown that only around the 12% of the raw distances among the trees of different species were less than 10 km, reducing this value to 5% in case of a distance of 5 km. The results of the Moran's *I* also shown differences in the spatial distribution, being the spatial pattern of the crab apple tree "clustered" ($P < 0.0001$), against the apple tree one, which was "random" ($P = 0.1023$). These preliminary results shown that both the distribution and population patterns of these species is different and the possibility of crossing is restricted to certain areas, but it is necessary to model the relationships with topographic and climatic data to get a more realistic approach of the gene flux between both species.

Palabras clave: apple tree, spontaneous, distribution, geoprocessing, spatial autocorrelation.

USO DE LA CORRELACIÓN AUTOMÁTICA DE IMÁGENES AÉREAS EN LOS INVENTARIOS FORESTALES

José Antonio Navarro Fernández
MONTES. UPM. Agresta Soc.Coop.
janavarro@agresta.org

Resumen

Desde hace años el LiDAR aerotransportado (Light Detection and Ranging) es comúnmente utilizado como herramienta de inventario forestal para generar cartografía de caracterización de la estructura de las masas forestales y estimación de variables de interés a escala continua. En concreto en España se utilizan con frecuencia los datos LiDAR del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA). Sin embargo estos tienen un periodo de actualización de 6 años en los que con toda probabilidad han ocurrido perturbaciones en las masas a estudiar como cortas, caídas por viento o nieve o incendios. Es por este motivo que en ocasiones se hace necesario contar con otro tipo de datos más actuales. De esta forma, las imágenes aéreas junto con los nuevos métodos fotogramétricos de correlación automática pueden suponer una alternativa para la obtención de nubes de puntos tridimensionales de alta resolución.

En una primera aproximación se utilizaron imágenes aéreas del PNOA para estimar variables forestales en una masa de *P. pinaster* de la Comunidad de Madrid y comparar los resultados con los de un inventario LiDAR. Se usaron los datos de 50 parcelas de muestreo y modelos no paramétricos para la estimación de las diferentes variables. Los resultados de la validación cruzada muestran que mediante esta nueva tecnología se pueden obtener estimaciones de las principales variables de interés en inventarios forestales del mismo orden de precisión que cuando se utilizan datos LiDAR.

En una segunda instancia, se analizó la posibilidad de combinar métodos fotogramétricos terrestres y aéreos para mejorar la eficiencia de los inventarios forestales. La toma de datos de campo se hizo en 2017 mediante el uso de ForeStereo, una herramienta fotogramétrica para la medición de parcelas basada en pares estereoscópicos de imágenes hemisféricas. En total se midieron 38 parcelas circulares en una malla sistemática de 150 metros, localizadas con un navegador GPS de bajo coste. Para generar cartografía continua se aplicó el método geostadístico del krigeado universal, en el que las variables auxiliares fueron variables de masa generadas mediante correlación automática de imágenes del PNOA para un inventario previo realizado con datos del 2013. Este estudio demuestra la utilidad del uso combinado de ForeStereo y la correlación automática de imágenes aéreas, sobre todo cuando se quieren utilizar datos remotos de alta resolución y no se dispone de equipos de posicionamiento de alta precisión.

Palabras clave: Fotogrametría, Inventario Forestal, PNOA, ForeStereo, Image Matching.

CARACTERIZACIÓN DE LOS CICLOS FENOLÓGICOS DE LA VEGETACIÓN A ESCALA GLOBAL MEDIANTE SERIES DE TIEMPO DE TELEDETECCIÓN

Laura Recuero Pavón

Depto. Sistemas y Recursos Naturales. MONTES-UPM.

laura.recuero@upm.es

Resumen

La vegetación juega un papel esencial en los ciclos biogeoquímicos siendo el estudio de su fenología interesante para evaluar los efectos del cambio climático. El análisis de la recurrencia de los ciclos fenológicos permite la identificación de diferentes patrones estacionales, así como variaciones intra e interanuales que son fundamentales para entender los intercambios planta-atmósfera.

La teledetección es una herramienta muy útil para el seguimiento de la vegetación debido a su amplia cobertura espacial y la alta frecuencia de adquisición de datos. La información espectral adquirida se puede resumir en índices espectrales como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada o NDVI que es un indicador del verdor de la vegetación muy utilizado en estudios fenológicos.

En este trabajo, se analizaron series de tiempo de NDVI correspondientes a diferentes tipos de vegetación caracterizando sus principales patrones fenológicos como el número de ciclos intra-anales, la amplitud o la dominancia del ciclo. Las diferencias encontradas se deben fundamentalmente a factores climáticos y antrópicos. Por ello, los resultados obtenidos podrían ser muy útiles para predecir las variaciones de la fenología de la vegetación bajo la influencia del cambio climático.

Palabras clave: teledetección, NDVI, vegetación, fenología, clima, cambio climático, series de tiempo.

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE ESTACIÓN A ESCALA NACIONAL

Daniel Moreno Fernández*
CIFOR-INIA.
danielmoreno270@hotmail.com

Resumen

La producción sostenible de madera es uno de los principales servicios proporcionados por los bosques. La productividad forestal suele evaluarse a través de la calidad de estación mediante el índice de calidad de estación o índice de sitio (site index; relación altura-edad). Sin embargo, la utilidad de este índice queda restringida a masas regulares o coetáneas. El objetivo de este trabajo es desarrollar modelos de calidad de estación para cinco especies (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra*, *Pinus pinaster atlantica*, *Fagus sylvatica* y *Quercus pyrenaica*) presentes en los montes españoles y crear mapas de calidad de estación a escala nacional. En primer lugar, se desarrollan modelos de calidad de estación usando el índice de forma (site form, relación altura-diámetro) y el Inventario Forestal Nacional. A continuación, se ajustan modelos aditivos espaciales incluyendo variables fisiográficas y climáticas para predecir la calidad de estación en masas monoespecíficas. Una vez ajustados estos modelos, se generan los mapas de índice de forma para las cinco especies con el propósito de describir el patrón espacial de la calidad de estación a escala nacional. Nuestros resultados indican un efecto significativo de la altitud y la orientación en la calidad de estación para las cinco especies. La precisión de los modelos aditivos espaciales varía entre el 38.2% y el 47.9 %. Además, la correspondencia entre los mapas de calidad de estación observada y predicha es clara, confirmando la idoneidad de la metodología propuesta. Nuestros resultados pueden ser una herramienta potente tanto en la gestión como en el desarrollo de políticas forestales a escala nacional. Esta metodología podría ser usada en otros países y, además, se abre una puerta a la generación de mapas de calidad de estación a nivel europeo.

Palabras clave: masas irregulares, método de la curva guía, curvas diámetro-altura, políticas forestales internacionales.

*Moreno-Fernández, D.^{1,2}, Álvarez-González, J.G.³, Rodríguez-Sollaero, R.³, Montes, F.², Cañellas, I.², Pérez-Cruzado, C.³

¹ETSI Montes, Forestal y del Medio Natural. ² Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA), Centro de Investigación Forestal. ³Universidad de Santiago de Compostela

RECREACIÓN DEL MODELO DE CRECIMIENTO SIMPLE CON DEPOSICIÓN OBLICUA DE TAKASHI NAGATANI, Y ADAPTACIÓN DEL MODELO AL ÁMBITO FORESTAL

Paula González Prieto

Depto. Matemática aplicada. UPM.

paula.gonzalez.prieto@alumnos.upm.es

Resumen

El crecimiento de las masas forestales, en función de diferentes variables, tales como: la luz, el suelo, el relieve... el análisis de éstas es vital en el estudio selvícola, encontrando una dificultad clara en el estudio directo sobre masas forestales, dados los largos tiempos de crecimiento de estas. Por este hecho la recreación del crecimiento de masas mediante modelos computacionales "de juguete" nos puede dar una orientación, para conocer su modo funcionamiento y llegar a ciertas deducciones que se puedan asemejar a la realidad.

Una parte de nuestro trabajo se basa en una recreación íntegra del modelo de crecimiento de interfases con deposición oblicua propuesto por Takashi Nagatani en el año 1991, con el fin de corroborar sus resultados matemáticos y estadísticos. Las conclusiones obtenidas anteriormente son útiles para poder ajustar este modelo, de tal forma que se acerque de un modo más realista los procesos que suceden en el medio forestal. En nuestro estudio cambiaremos la variable propuesta por T.Nagatani, el ángulo de incidencia de la luz, por el área de influencia de los árboles, variando esta en función de otras variables del propio medio en el que se desarrolla la masa.

Palabras clave: Modelo de crecimiento forestal, Modelo de Nagatani, Modelo de juguete, Deposición balística, incidencia oblicua, área de influencia.

RESPUESTA DE LOS ABETALES PIRENAICOS A LOS CAMBIOS EN LA CONCENTRACIÓN DE CO₂ ATMOSFÉRICO

Mario Vera Barranco

Unidad Botánica. ETSI Montes, Forestales y Medio Natural. UPM.

mvbadajoz@gmail.com

Resumen

Este trabajo se centra en determinar la relación entre la concentración de CO₂ atmosférico que existe en la actualidad y la densidad estomática de ejemplares vivos de *Abies alba* Mill. para, posteriormente, servir de herramienta en la reconstrucción de las condiciones de CO₂ en el pasado.

Se estudian las variaciones, a lo largo de un gradiente altitudinal, en la estructura celular de la cutícula de acículas de *Abies alba* Mill. (relacionadas con el número de estomas) pertenecientes a 5 localizaciones del sistema pirenaico (Irati - Navarra, València d'Àneu - Lérida, Virós - Lérida, Maçarent de Cabrenys - Gerona, Montseny - Barcelona). Una vez calibrada la relación CO₂ - densidad estomática, se utilizará como referencia para acículas fósiles de *Abies alba* encontradas en turberas cercanas a las localizaciones señaladas (Estany de la Llebre y el Estany de Burgh - Lérida).

En 2016 se realizaron transectos altitudinales en las poblaciones de *A. alba* recogiendo cinco acículas por individuo muestreado. Los transectos se realizaron entre los 1200 y los 1600 metros de altitud, con diferentes orientaciones, y eligiendo individuos en tramos altitudinales de entre 15 y 30 metros. Las acículas fueron maceradas 3,5 horas con líquido de Schulze (ácido nítrico y clorato potásico), para eliminar el mesófilo, aislar la cutícula y posibilitar la medida de parámetros estomáticos con el microscopio óptico de luz transmitida.

De acuerdo con la tesis doctoral de Lenny Kouwenberg (Universidad de Utrecht, Holanda) "Application of conifer needles in their construction of holocene CO₂ levels" (centrada en las especies *Tsuga heterophylla*, *Picea mariana*, *Picea glauca* y *Larix laricina* en el noroeste de EEUU) se miden: Densidad estomática (SD: estomas por superficie), índice estomático (SI: número de estomas entre el número de células epidérmicas) número de estomas por longitud de acícula (SNL), número de filas estomáticas (SR), densidad estomática por longitud de acícula (SDL=SD x SR) y densidad estomática verdadera por longitud de acícula (TDSL=SD x ancho de banda estomática), longitud de poro estomático (PL) y longitud de célula acompañante (SL).

Los resultados obtenidos por Kouwenberg (2003) señalan que los indicadores SD, SR, TDSL presentan una proporcionalidad inversa a los niveles de CO₂. El ratio de decrecimiento para incrementos de 10 ppmv de CO₂ fueron: SD -1,99%, SR -2,85%, TDSL -4,49%.

En este trabajo se pretende confirmar o rechazar la hipótesis de que los parámetros estomáticos de *Abies alba* se comporten de manera parecida a estas pináceas.

Palabras clave: Estomas, *Abies*, acícula, cutícula, mesófilo, CO₂.