

Rubio, B.

- 1996 **“Agricultura mundial, estructura productiva y nueva vía de desarrollo rural en América Latina (1970-1992)”**. In: Carton de Grammont (coord.). *Globalización, deterioro ambiental y reorganización social en el campo*, UNAM-Juan Pablos Editor. México. pp. 33.

Sonntag, H. y Nelly A.

- 1995 **“Lo global, lo local, lo híbrido”**. Gestión de las Transformaciones Sociales (MOST), documentos de debate no. 6. UNESCO.

Toledo, C.

- 1996 **“Propuestas globales para el desarrollo rural sustentable”**. In: Calva, J.L. (coord.), *Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental*, Tomo II. Acción y Desarrollo Ecológico, A.C. (ADE). SEMARNAP. México. pp. 86-87.

UAM-Consejo Social Iztaccíhuatl.

- 2000 **“Programa de Manejo de Recursos Naturales de la Sierra Nevada. Atlas Municipal de Recursos Naturales”**. *Atlautla*. México. pp. 78-97.

Zamorano, F.

- 2002 **“Turismo alternativo. Servicios turísticos diferenciados”**. Editorial Trillas. México. pp. 305.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

**PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA EN *Quercus laeta*
Liemb. DE EL SALTO, DURANGO**

Juan Abel Nájera Luna; Zacarías Vargas Antonio; Jorge Méndez González y José de
Jesús Graciano Luna.

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 559-576

e-revist@s

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA EN *Quercus laeta* Liemb. DE EL SALTO, DURANGO

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD IN *Quercus laeta* Liemb. OF EL SALTO, DURANGO

Juan Abel Nájera-Luna¹; Zacarías Vargas-Antonio²; Jorge Méndez-González¹ y José de Jesús Graciano-Luna¹.

¹Profesor-investigador. Instituto Tecnológico Forestal No.1, Mesa del Tecnológico s/n El Salto P.N., Dgo., 34950, México. Correo electrónico: jalnajera@yahoo.com.mx. ²Tesista de Ingeniería Forestal con Orientación en Industrias Forestales ITF No.1.

RESUMEN

En este trabajo se dan a conocer resultados obtenidos en los ensayos físicos y mecánicos en la madera de *Quercus laeta* Liemb. de la región de El Salto, Durango. Los ensayos físicos y mecánicos se realizaron conforme a las normas COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) siendo estos: densidad, contracción, punto de saturación de la fibra (PSF) y relación de anisotropía (RAN). Los ensayos mecánicos evaluados fueron: compresión perpendicular y paralela a la fibra, flexión estática, tensión perpendicular y paralela a la fibra, dureza, desgarre y cizalla. Los resultados mostraron que la densidad de la madera es de 0.68 gr/cm³, la contracción volumétrica de 18.1%. El PSF se estableció en 30.1% de contenido de humedad y la RAN fue de 1.74 indicando poca estabilidad dimensional de la madera. La máxima resistencia de la madera fue en el esfuerzo de tensión paralela a la fibra con 1214.04 kgf/cm² mientras que la menor resistencia la mostró la prueba de tensión perpendicular a la fibra con 65.55 kgf/cm². En cuatro de los ocho ensayos mecánicos evaluados, la mayor resistencia fue observada en el plano tangencial de la madera, en tres, la mayor resistencia la presentó el plano radial y en uno la mayor resistencia se observó en el plano transversal.

Palabras clave: Madera, encino, propiedades físicas, propiedades mecánicas, Durango.

SUMMARY

In this work the results obtained on the mechanical and physical trials in *Quercus laeta* Liemb. wood of El Salto, Durango are showed. The mechanical and physical trials were developed under COPANT rules (Comisión Panamericana de Normas Técnicas), being these: density, volumetric shrinkage, fiber saturation point (FSP) and anisotropic relation (ANR). The mechanical trials were: perpendicular compression and parallel to grain, static bending, perpendicular and parallel tension to grain, hardness, cleavage and shear parallel to grain. The results showed that the wood density is 0.68 gr/cm³, the volumetric shrinkage were 18.1%. The FSP was established in 30.1% of content of humidity and the ANR was of 1.74 indicating low stability dimensional of the wood. The maximum resistance of the wood was in parallel tension to grain effort with 1214.04 kgf/cm², while the smaller resistance showed in the perpendicular tension to grain essay was 65.55 kgf/cm². In four of the eight mechanical trials evaluated the greater resistance was observed in the tangential face of the wood, in three trials the radial face showed the greater resistance and only in a trial the greater resistance was observed in the cross face.

Key words: Wood, oak, physical properties, mechanical properties, Durango.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con vastos recursos forestales, pero falta mucho por hacer respecto al conocimiento integral de sus especies, de las cuales las más aprovechadas son las del género *Pinus*, sin embargo, existen grupos taxonómicos con un gran número de especies que no son menos importantes, tal es el caso de los encinos (Zavala, 1989).

Los encinos son uno de los grupos de especies forestales más abundantes en México, taxonómicamente identificadas existen entre 150 y 200 especies distribuidas en todo el país, excepto en los estados de Yucatán y Quintana Roo, se encuentran principalmente en las regiones templadas y frías o en lugares montañosos, aunque su rango altitudinal va desde el nivel del mar hasta los 3100 msnm (Rzendowsky, 1978). Los encinos crecen en condiciones variadas de clima, altitud, exposición y suelo, asociados con especies de coníferas como: *Pinus spp.* y *Abies spp.*, también habitan en regiones tropicales de escasa precipitación en altitudes bajas hasta de 50 msnm (Mass, 1977).

La madera de encino es poco utilizada, debido a que existe escaso conocimiento de sus características tecnológicas y la falta de equipo y tecnología apropiada para su procesamiento (Fuentes, 1990), ya que en términos generales, es una madera difícil de cortar y de secar (CNIF, 1989). Los usos y aplicaciones de una madera dependen en gran medida de sus propiedades físicas, como la densidad, contracción e hinchamiento, punto de saturación de la fibra, anisotropía entre otras, de las que en cada caso particular tiene requerimientos específicos (Fuentes, 1990; Honorato y Fuentes, 2001).

Es de gran importancia, contar con un sistema de clasificación estructural de las especies de interés económico y en base a análisis de laboratorio, asignarle a cada especie sus valores de resistencia más confiables, con el objeto de brindarles un mejor uso y desempeño (Peniche, 1990).

En la mayoría de los países desarrollados, es un requisito indispensable clasificar a las maderas de acuerdo a sus propiedades físicas y mecánicas para brindarles una óptima utilización (Robles y Echenique, 1983). La clasificación estructural, se deriva de las pruebas mecánicas, a las que son sometidas una serie de probetas de diferente confección y dimensiones, cuyo comportamiento a la aplicación de fuerzas mediante la

utilización de aparatos y aditamentos específicos, a la vez que proporcionan la carga requerida, registran la magnitud de la misma (ASTM, 1992). Por otra parte, el sector industrial forestal nacional, enfrenta de manera creciente retos cada vez más complicados, donde el tema de la calidad es pieza fundamental para subsistir en la competencia. Desafortunadamente, la industria forestal en su conjunto está en desventaja con sus eventuales competidores por no contar con el suficiente conocimiento tecnológico de la especie de interés comercial y si se cuenta con ello, no se le da el uso adecuado. Este rezago se ha debido en su mayor parte a que no se han realizado los estudios básicos que permitan asignar a cada especie de interés económico su uso más adecuado (Honorato y Fuentes, 2001).

Por lo que el presente trabajo pretende reunir los elementos necesarios para conocer el comportamiento físico y los niveles de resistencia en la madera de *Quercus laeta* Liemb. de la región de El Salto P.N., Dgo., como una contribución al conocimiento tecnológico de las especies forestales de interés comercial con lo cual se podrá sugerir, probar, validar y difundir las posibilidades de diversificación de los productos forestales de la región lo que repercutirá en un beneficio directo a los poseedores y transformadores del recurso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El material vegetal procedió de 7 árboles de *Quercus laeta* Liemb. perteneciente al grupo de los encinos blancos, los cuales se seleccionaron en varias áreas de corta del Ejido San Esteban y Anexos, localizado aproximadamente a 30 km de la población de El Salto, Dgo., dentro del sistema montañoso denominado Sierra Madre Occidental. Las alturas sobre el nivel del mar fluctúan entre 1,400 y 2,600 metros. El clima es semi-húmedo templado o semi-frío, que se vuelve templado o semi-seco en el lado oriental de la sierra. La temperatura media anual oscila entre 11.7 °C, con una mínima en el mes más frío de 6.7 °C y 16 °C en el mes más cálido. Según el sistema de clasificación de Köppen, modificado por García (1988), la precipitación media anual es de 1200 mm. Los vientos dominantes de la región provienen del NW en la temporada de febrero a mayo. Por su ubicación geográfica, la zona presenta diversas condiciones de vegetación

que va desde masas puras de encino y pino y en su mayor parte bosques mezclados de pino-encino (UCODEFO 6, 1997).

Los ensayos físicos y mecánicos se realizaron en el Laboratorio de Tecnología de la Madera del Instituto Tecnológico Forestal No.1 de El Salto, P.N., Dgo. Las pruebas mecánicas se realizaron en una máquina Universal de ensayos mecánicos, marca INSTRON® con capacidad de 60 toneladas de presión.

Selección de los árboles muestra

Para la colecta del material se siguió las recomendaciones de la Norma COPANT 458 (Comisión Panamericana de Normas Técnicas) referida a la selección y colección de muestras destinadas al estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera. La selección de los árboles muestra, se realizó partiendo del hecho de que las variaciones entre los árboles son más significativas que la variación dentro del mismo árbol, por tanto se tomaron más árboles muestra y menos muestras de cada árbol (Pearson y Williams, 1952). A cada árbol seleccionado se le midieron sus características dasométricas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características dasométricas de los árboles seleccionados para los ensayos físicos y mecánicos.

Árbol (n)	Diámetro Normal (cm)	Altura Total (m)	Volumen (m ³ r.t.a)
1	43.00	17.00	1.98
2	42.00	14.00	1.87
3	40.00	17.00	1.67
4	42.00	16.00	1.87
5	38.00	17.00	1.49
6	40.00	12.00	1.67
7	43.00	13.00	1.98
Promedio	41.14	15.14	1.79

De cada árbol, se obtuvieron dos trozas de cuatro pies de largo de las que se destinó una para elaborar probetas y ensayarlas en estado seco (12% de contenido de humedad) y la otra en estado verde, es decir, con un contenido de humedad arriba del punto de saturación de la fibra (PSF). Cada troza se dividió en cuadrantes (N, S, E, W) para que las probetas generadas tuvieran bien definidos los planos radial y tangencial de acuerdo a las recomendaciones de Quiñones (1974) (Figura 1). Cada vigueta consistió de un prisma de 7 X 7 cm de sección transversal por 122 cm de longitud, las cuales se enumeraron indicando el número del árbol y la troza correspondiente. La elaboración final de las probetas se realizó de acuerdo a lo indicado en las normas COPANT (COPANT, 1972).

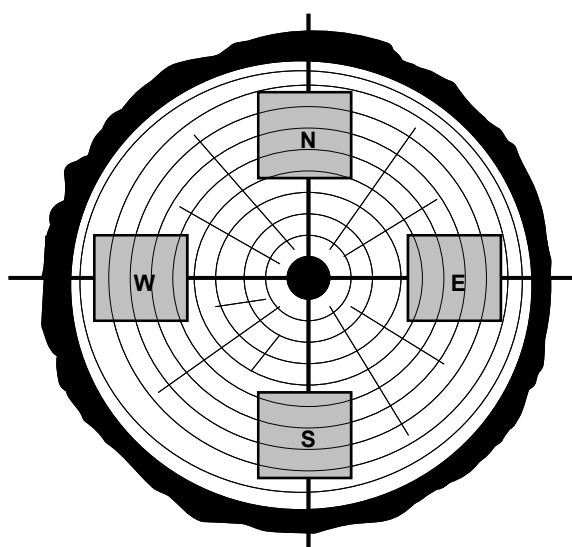


Figura 1. Obtención de las probetas para los ensayos físico- mecánicos.

Preparación de las probetas

Las trozas se aserraron en las instalaciones de la Unidad de Producción y Enseñanza Forestal (UPEF), mientras que en la Unidad de Tecnología de la Madera del ITF se elaboraron las probetas del ensayo. El material que se ensayó en seco, se apiló bajo techo y se acondicionó hasta alcanzar el 12% de contenido de humedad, estado en el cual se elaboraron las probetas definitivas. Se elaboraron ocho probetas por árbol para determinar la densidad de la madera de albura y ocho para la de duramen; cuatro probetas por árbol para determinar las contracciones de la madera y 4 probetas por troza para determinar el esfuerzo unitario máximo en ocho ensayos mecánicos de la madera en estado verde y seco. La mitad de las probetas se ensayaron en el plano radial y la otra mitad en el tangencial.

Determinación de propiedades físicas

Para la elaboración y ejecución de los ensayos físicos de la madera, se siguió la metodología sugerida por las normas: COPANT 459 (Acondicionamiento de las maderas destinadas a ensayos físicos y mecánicos); 460 (Método de determinación del contenido de humedad en maderas); 461 (Cálculo del peso específico en maderas) y 462 (Determinación de las contracciones en maderas) (COPANT, 1972).

Determinación de propiedades mecánicas

Para la realización de los ensayos mecánicos, se respetó la metodología recomendada en las normas: COPANT 459 (Acondicionamiento de las maderas destinadas a ensayos físicos y mecánicos); 463 (Método de determinación del cizallamiento paralelo al grano); 464 (Método de determinación de la compresión axial o paralela al grano); 465 (Método de determinación de la dureza); 466 (Método de determinación de la compresión perpendicular al grano); 555 (Método de determinación de la flexión estática); 741 (Método de determinación de la resistencia al clivaje o desgarre); 742 (Método de determinación de la tensión paralela al grano) y 743 (Método de ensayo de tracción perpendicular al grano) (COPANT, 1972).

Procedimiento estadístico

Los datos obtenidos de las pruebas físicas, se integraron con respecto a la media y coeficiente de variación, mientras que con los resultados de los ensayos mecánicos para identificar diferencias entre los estados de humedad (verde y seco), se realizaron pruebas de **t** así como análisis de varianza y pruebas de **Tukey** para la resistencia unitaria máxima por plano (radial y tangencial) y estado de humedad de la madera (verde y seco). Se utilizó el paquete estadístico SAS (1984) Versión 6.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados de las pruebas físicas

Densidad

El valor medio encontrado en la densidad básica fue de 0.68 gr/cm^3 (Cuadro 2), que de acuerdo a la clasificación de Torelli (1982), se considera como alta y dentro del rango de valores de 0.69 a 0.76 gr/cm^3 , mencionados en la literatura para los encinos blancos (Honorato y Fuentes, 2001), excepto para la madera de albura quien observó la menor densidad, influenciada por un menor espesor de la pared celular, por tratarse de madera joven con elementos funcionales de conducción de nutrientes (Oliveira y Silva, 2003). La densidad básica de la madera de duramen, fue superior 11% respecto a la madera de albura.

Cuadro 2. Densidad básica general y por tipo de madera en *Quercus laeta* Liemb.

Variable	Madera	Probetas ensayadas (n)	Media (gr/cm^3)	C. V (%)
Densidad Básica	Albura y duramen	112	0.68	9.99
	Duramen	56	0.72	9.22
	Albura	56	0.64	4.87

Valores de 0.72 gr/cm^3 son reportados por Honorato y Fuentes (2001), para la madera de encinos blancos del estado de Guanajuato, los cuales se encuentran dentro del mismo rango de clasificación a los valores obtenidos en el presente estudio.

Contracciones

La contracción volumétrica total de la madera de *Quercus laeta*, la coloca dentro de la categoría de maderas con contracciones altas (Fuentes, s/f), es decir, sugieren una menor estabilidad dimensional (Honorato y Fuentes, 2001). La máxima contracción lineal, la experimentó el plano tangencial siendo 40% más contráctil en relación al plano radial (Cuadro 3). Las diferencias entre las contracciones lineales se explica por la gran cantidad y anchura de los rayos medulares y a la orientación de las fibrillas en la pared

celular y de las fibras (Kollman y Coté, 1968), así mismo, la menor contracción en el plano radial, obedece al papel que desempeñan los radios al restringir los movimientos dimensionales en esa dirección (Boyd, 1974).

Cuadro 3. Contracciones en la madera de *Quercus laeta* Liemb.

Variable	Probetas ensayadas (n)	Media (%)	C. V (%)
Contracción Volumétrica Total		18.2	19.4
Contracción Tangencial Total	28	10.7	16.5
Contracción Radial Total		6.4	25.8

Punto de saturación de la fibra, contenido de humedad y relación de anisotropía

El punto de saturación de la fibra, es el contenido crítico de humedad a partir del cual cambian drásticamente ciertas características, tales como la contracción, el hinchamiento, la rigidez, la resistencia mecánica, etc. Los valores del punto de saturación de la fibra (PSF), varían del 18 a 36% de contenido de humedad (Tarkow, 1979). En el presente estudio se determinó el PSF para *Quercus laeta* en 30.1% de contenido de humedad (Cuadro 4), lo cual corresponde a lo mencionado por Fuentes (s/f). Honorato y Fuentes, (2001), estimaron el PSF de 27.09 a 32% de contenido de humedad para 2 especies de encinos blancos de Guanajuato, estando los valores del presente estudio dentro de dicho rango.

Cuadro 4. PSF y RAN en la madera de *Quercus laeta* Liemb.

Variable	Probetas ensayadas (n)	Media	C. V (%)
Punto de Saturación de la Fibra (%)	28	30.1	14.6
Relación de Anisotropía (adimensional)		1.74	24.1

La razón entre la contracción tangencial y radial es llamada anisotropía y generalmente varía de 1.5 a 2.5 tornándose en un índice muy importante en los estudios de contracción de maderas ya que entre mayor sea esa relación, mayor tendencia a la presencia de rajaduras y agrietamiento de la madera en el proceso de secado (Oliveira y Silva, 2003). Los valores encontrados en la relación de anisotropía fue de 1.74 que de acuerdo con la clasificación de Fuentes (s/f), es alta, razón por la cual su madera no es

estable dimensionalmente y muy propensa a la aparición de grietas superficiales sobre todo en el plano tangencial.

Resultados de las pruebas mecánicas

Cizallamiento o Cortante

Los resultados mostraron en general, 7.58% mayor resistencia en estado seco respecto al estado verde, no indicando diferencias significativas en ambos estados de humedad. Referente a los planos de la madera y estados de humedad, la mayor resistencia en cizalla se observó en el plano tangencial seco, el cual presentó diferencias significativas respecto a los demás planos y estados de humedad. De tal manera que la resistencia del plano tangencial seco fue superior 16.93% respecto al estado verde y el plano radial verde fue superior 5.57% respecto al radial seco (Cuadro 5). Según la clasificación utilizada por Novelo (1964), la resistencia de la madera de *Q. laeta* al cizallamiento o cortante es alta en ambos estados de humedad, no así para la madera del plano radial en estado seco, a la que le corresponde una resistencia media.

Cuadro 5. Resistencia promedio en cizalla o cortante por plano y estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm ²	C. V (%)
Seco (12% de C.H)	28	116.34 a	25.78
Verde (43% de C.H)	28	107.52 a	13.45
Tangencial Seco	14	137.43 a	19.04
Tangencial Verde	14	114.16 b	7.78
Radial Verde	14	100.88 bc	16.00
Radial Seco	14	95.26 c	15.77

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P < 0.05$

Desgarre

Los resultados en desgarre, mostraron 13.91% mayor resistencia en estado verde respecto a la condición seca, no observando diferencias significativas en ambos estados de humedad, de igual forma, no se observaron diferencias significativas respecto a los planos tangencial y radial así como los estados de humedad de las probetas ensayadas (Cuadro 6). La variación observada en los ensayos en seco fue alta en relación a los ensayos en estado verde. Record (1914), señala que la menor resistencia y alta variación de la madera seca se debe a la presencia de pequeñas fisuras que se originan durante las

contracciones en el proceso de secado. La mayor resistencia se observó en el plano tangencial verde, la cual fue superior en 15%, respecto a la condición seca del mismo plano, mientras que el plano radial verde superó la resistencia respecto al estado seco en 14.39%.

Cuadro 6. Resistencia promedio en desgarre por plano y estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm	C. V (%)
Verde (42% de C.H)	28	68.06 a	16.85
Seco (12% de C.H)	28	58.59 a	54.05
Tangencial Verde	14	74.96 a	13.65
Tangencial Seco	14	63.70 a	46.19
Radial Verde	14	62.45 a	17.68
Radial Seco	14	53.46 a	63.71

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P < 0.05$

Compresión paralela a la fibra

La resistencia en compresión paralela en estado seco fue mayor 42% respecto al estado verde, observando diferencias significativas entre ambos estados de humedad (Cuadro 7). La clasificación de estos esfuerzos máximos, corresponde a una resistencia baja según la clasificación utilizada por Novelo (1964). Honorato y Fuentes (2001), determinaron valores de esfuerzo máximo de compresión axial en dos especies de encinos blancos del estado de Guanajuato entre 331.03 y 289.20 kg/cm² en condición saturada y de 590.11 a 558.38 kg/cm² en condición seca, siendo superiores a los encontrados en el presente estudio, lo cual se puede explicar las diferencias en condiciones de crecimiento de las especies, condiciones de sitio y una posible mezcla de madera de albura y duramen en las probetas que potencialmente influyen en los resultados.

Cuadro 7. Resistencia promedio en compresión paralela por estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm ²	C. V (%)
Seco (12% de C.H)	28	455.65 a	18.49
Verde (46% de C.H)	28	264.06 b	16.18

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P < 0.05$

Compresión perpendicular a la fibra

De acuerdo a las normas COPANT, la compresión perpendicular sólo se realiza en las caras radiales de las probetas (COPANT, 1972). Los resultados mostraron una mayor resistencia en estado seco con 15.43%, respecto al verde, mostrando además diferencias significativas en la resistencia de ambos estados de humedad (Cuadro 8). Los valores obtenidos ubican la madera como altamente resistente según la clasificación utilizada por Novelo (1964). Pérez y Dávalos (1995) reportaron para *Quercus affinis* y *Q. glabrescens* resistencias promedio de 352 kgf/cm² y 284 kgf/cm².

Cuadro 8. Resistencia promedio en compresión perpendicular a la fibra por estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm ²	C. V (%)
Seco (12% de C.H)	28	238.30 a	29.55
Verde (47% de C.H)	28	201.51 b	22.42

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes P< 0.05

Tensión paralela

Los resultados en tensión paralela, mostraron una resistencia mayor en estado seco del 52.25% respecto al estado verde, indicando además diferencias significativas en los dos estados de humedad y una alta variación que se debe a lo difícil que resulta la elaboración de las probetas en su parte más delgada, ya que la pieza cede por cizalla dada su menor resistencia (Fuentes, s/f), en relación a los planos de corte, sólo se observaron diferencias significativas respecto a los estados de humedad en ambos tipos de corte (Cuadro 9). De tal forma que la resistencia del plano tangencial seco fue superior en 48.98% respecto al estado verde y el radial seco en 46.47% que el verde. Aunque la madera, exhibe su mayor resistencia en tensión paralela a la fibra, en la práctica es raro que se aproveche plenamente esta característica.

Cuadro 9. Resistencia promedio en tensión paralela por plano y estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm ²	C. V (%)
Seco (12% de C.H)	28	1214.04 a	34.26
Verde (44% de C.H)	28	634.36 b	28.57
Tangencial Seco	14	1235.29 a	41.70
Radial Seco	14	1192.80 a	25.55
Radial Verde	14	638.47 b	26.09
Tangencial Verde	14	630.24 b	31.90

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes P< 0.05

Tensión perpendicular

La resistencia en estado seco fue mayor en 13.50% respecto al estado verde, no mostrando ambos estados de humedad diferencias significativas (Cuadro 10). Respecto a los diferentes planos de la madera y estados de humedad, el plano tangencial seco sólo mostró diferencias significativas con el plano radial verde, de tal forma que el plano tangencial seco fue superior de 8.45% respecto al estado verde, mientras que el plano radial seco observó 19.5% mas resistencia respecto al mismo plano en condición verde. En este esfuerzo la madera presenta su menor resistencia, ya que aquí se produce una separación de fibras, mientras que en la tensión paralela se requiere el rompimiento de ellas (Fuentes, s/f). Nájera *et al.* (2003), determinaron en *Quercus sideroxylla* de la región de El Salto, Dgo., valores de resistencia en tensión perpendicular de 76.02 Kgf/cm² con una desviación estándar de 23.00 Kgf/cm² en estado verde, mientras que Fuentes (1990) obtuvo valores de resistencias en *Quercus affinis* de 82 kgf/cm² en estado seco y 65 kgf/cm² en estado verde; en *Q. glabrescens* valores de 67 y 66 kgf/cm² en estado seco y verde, respectivamente; en *Quercus crassifolia* resistencias de 67 y 65 kgf/cm²; en *Q. mexicana* reportó valores de 64 y 63 kgf/cm² y en *Q. laurina* resistencias de 64 y 71 kgf/cm² en estado seco y verde, los cuales son sensiblemente iguales a los obtenidos en el presente ensayo, los cuales se clasifican según Novelo (1964), como de resistencia alta.

Cuadro 10. Resistencia promedio en tensión perpendicular a la fibra por plano y estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm ²	C. V (%)
Seco (12% de C.H)	28	65.55 a	33.56
Verde (48% de C.H)	28	56.70 a	25.44
Tangencial Seco	14	71.18 a	28.73
Tangencial Verde	14	65.16 ab	21.68
Radial Seco	14	59.93 ab	38.02
Radial Verde	14	48.24 b	18.36

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes P< 0.05

Flexión Estática

El ensayo de flexión estática mostró una resistencia mayor en el estado seco con respecto al estado verde de 22.54%, entre los estados de humedad y planos de la

madera, sólo el radial en estado seco mostró diferencias significativas, respecto a los demás planos y estados de humedad (Cuadro 11). La clasificación del módulo de ruptura según Torelli (1982), corresponde a una resistencia de media a alta. Pérez y Dávalos (2005), determinaron en *Quercus affinis* una resistencia promedio de 745 kgf/cm² y para *Quercus glabrescens* un promedio de 472 kgf/cm²; Dávalos y Pérez (1995) obtuvieron resistencias de 759 kgf/cm² y 703 kgf/cm² en *Quercus laurina* y *Q. crassifolia*, respectivamente; Fuentes (1990) en *Quercus affinis*, *Q. glabrescens*, *Q. crassifolia*, *Q. mexicana* y *Q. laurina* obtuvo valores de 667, 732, 692, 687, 723 kgf/cm² en estado verde y 2133, 1384, 1410, 1155, 1845 kgf/cm² en estado seco, los cuales son mas altos a los obtenidos en el presente ensayo.

Cuadro 11. Resistencia promedio en flexión estática por plano y estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf/cm ²	C. V (%)
Seco (12% de C.H)	28	818.71 a	25.75
Verde (37% de C.H)	28	634.10 b	14.47
Radial Seco	14	880.17 a	19.55
Tangencial Seco	14	757.26 b	30.84
Tangencial Verde	14	654.05 b	13.05
Radial Verde	14	614.15 b	15.75

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P < 0.05$

Dureza

En términos generales, los valores del ensayo de dureza mostraron una resistencia mayor en estado seco de 33.80% respecto al estado verde, existiendo diferencias significativas en ambos estados de humedad. En lo referente al plano y estado de humedad, ésta última presentó diferencias significativas entre los diferentes planos de ambos estados de humedad (Cuadro 12). De tal forma que la mayor resistencia en dureza fue observada en el plano transversal seco con un 36% mayor respecto al mismo plano en condición verde, por su parte, el plano radial seco fue superior 29.7%, respecto al radial verde y el plano tangencial seco mostró una resistencia mayor en 35.82% respecto al estado verde. Los valores de dureza obtenidos en el presente estudio corresponden a una clasificación de alta a excepcionalmente alta de acuerdo con Torelli (1982). Ramos (1999) en *Quercus elliptica* Née, determinó una resistencia de 908.52 kgf en el plano radial, 906.26 kgf en el plano tangencial y 985.32 kgf en el transversal; Goché (1993) en *Quercus sideroxyla*, determinó en la cara transversal resistencias de

506.40 kgf en estado verde y 926.97 kgf en estado seco, en la cara tangencial 425.36 kgf y 725.59 kgf en estado verde y seco y en la cara radial 393.34 kgf en estado verde y 772.47 kgf en estado seco; Fuentes (1990), obtuvo valores de resistencia en *Quercus affinis* de 1180 kgf en estado seco y 583 kgf en estado verde, *Q. glabrescens* valores de 1042 y 696 kgf en estado seco y verde respectivamente, *Q. crassifolia* resistencias de 1169 y 665 kgf, *Q. mexicana* reportó valores de 1001 y 523 kgf y *Q. laurina* resistencias de 1094 y 646 kgf en estado seco y verde.

Cuadro 12. Resistencia promedio en dureza por plano y estado de humedad.

Plano y Estado	Probetas ensayadas (n)	Media* Kgf	C. V
Seco (12% de C.H)	84	1005.61 a	28.65
Verde (34% de C.H)	84	665.71 b	23.95
Transversal Seco	28	1048.74 a	21.36
Radial Seco	28	1038.55 a	31.00
Tangencial Seco	28	929.54 a	32.69
Radial Verde	28	730.10 b	25.56
Transversal Verde	28	670.43 b	20.47
Tangencial Verde	28	596.61 b	20.66

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes $P < 0.05$

CONCLUSIONES

- La densidad básica de la madera de *Quercus laeta* fue de 0.68 gr/cm³ clasificándose como alta.
- La contracción volumétrica fue de 18.1% siendo el plano tangencial el que más contracción experimentó con 10.7%.
- El Punto de Saturación de la Fibra (PSF) se estableció en 30.1% de contenido de humedad. La Relación de Anisotropía (RAN) fue de 1.74, clasificándose como alta indicando una baja estabilidad dimensional de la madera.
- El ensayo de cizalla mostró una resistencia unitaria máxima de 116.34 kgf/cm² en estado seco, siendo mayor 7.58% respecto al estado verde, el plano tangencial seco observó la más alta resistencia con 137.43 kgf/cm² siendo 16.93% más resistente respecto al estado verde.
- El ensayo de desgarre, mostró la mayor resistencia en estado verde con 68.06 kgf/cm siendo 13.91% más resistente respecto al estado seco. El plano

tangencial verde mostró la resistencia más alta con 74.96 kgf/cm superando en 15% al plano tangencial en estado seco.

- El ensayo de compresión paralela a las fibras, mostró su mayor resistencia en el estado seco con 455.65 kgf/cm² siendo superior un 42% respecto al estado verde.
- En cuanto a la compresión perpendicular al grano, la mayor resistencia fue observada en el estado seco con 238.30 kgf/cm² siendo 15.43% más resistente respecto al estado verde.
- El ensayo de tensión paralela a las fibras, mostró la mayor resistencia en estado seco con 1214.04 kgf/cm² siendo superior 52.25% respecto al verde, mientras que la mayor resistencia la exhibió el plano tangencial seco con 1235.29 kgf/cm² y 48.98% más resistencia respecto al plano tangencial verde.
- En el ensayo de tensión perpendicular a las fibras, el estado seco observó la mayor resistencia con 65.55 kgf/cm² superando al estado verde en 13.50%. En lo que respecta a los planos de la madera, el tangencial seco tuvo los valores más altos en resistencia con 71.18 kgf/cm² superando al estado verde en 8.45% respecto al plano tangencial verde.
- El ensayo de flexión estática, mostró su mayor resistencia en estado seco con 818.71 kgf/cm² superando en 22.54% al estado verde, mientras que el plano radial seco obtuvo la mayor resistencia con 880.17 kgf/cm² superando al plano tangencial seco en 13.96%.
- La dureza de la madera, de *Quercus laeta* se mostró en mayor proporción en el estado seco con 1005.61 kgf siendo superior respecto al estado verde en 33.80%.
- El plano transversal seco observó una dureza mayor con 1048.74 kgf superando al plano transversal verde en 36.07%.
- La mayor resistencia de la madera, se obtuvo al ensayar las probetas en estado seco excepto en el ensayo de desgarre, donde la mayor resistencia fue mostrada al estado verde.
- En cuatro de los ocho ensayos mecánicos evaluados, la mayor resistencia fue observada en el plano tangencial de la madera, en tres ensayos la mayor resistencia la presentó el plano radial y en un ensayo la mayor resistencia se observó en el plano transversal.

- La mayor variación en los ensayos mecánicos fueron observados para el plano radial seco en el ensayo de desgarre con 63%, seguido por el plano tangencial seco en el ensayo de tensión paralela al grano con 42%; mientras que la menor variación la mostraron el plano radial verde en el ensayo de desgarre con 6% seguido por el plano tangencial verde en el ensayo de cizalla con 8%.

LITERATURA CITADA

ASTM

- 1992 **“Standard methods of testing small clear specimens of timber”**. Book of ASTM Standard D 143. Vol. 04.09. Wood American Society for Testing and Materials. Philadelphia, PA, USA. pp.37-78.

Boyd, J.D.

- 1974 **“Anisotropic shrinkage of wood: Identification of the dominant determinants”**. Mokuzaï Gakkaishi 20:473-482.

CNIF

- 1989 **“Memoria Económica 1987-1988”**. Cámara Nacional de las Industrias Derivadas de la Silvicultura. México. 60 p.

COPANT

- 1972 **“Comisión Panamericana de Normas Técnicas (458, 459, 461, 462, 555, 464, 466, 742, y 743)”**. Buenos Aires, Argentina.

Dávalos, S. R. y Pérez, O. C.

- 2005 **“Estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de *Quercus laurina* Humb. & Bonpl. y *Quercus crassifolia* Humb. & Bonp”**. III Seminario Nacional sobre la utilización de los encinos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, México. pp.496-503.

Honorato, S. J.A y Fuentes, L. M.E.

- 2001 **“Propiedades Físico-Mecánicas de la madera de cinco especies de encino del estado de Guanajuato”**. Revista Ciencia Forestal en México. Vol. 26(90):5-28.

Fronius, K.

- 1988 **“La comercialización de la madera en Europa y Estados Unidos de Norteamérica”**. Holz-Zentralblatt. Alemania Federal. 25-35 pp.

Fuentes, L. M E.

- 1990 **“Propiedades físico-mecánicas de cinco especies de encino *Quercus spp.* del Estado de Puebla”**. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. México. 54 p.

Fuentes, S. M.

- s/f **“Apuntes para el curso de Tecnología de la Madera”**. Departamento de Bosque, Universidad Autónoma de Chapingo. Serie académica No. 33. México. 100 p.

García, E.

- 1988 **“Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen”**. Cuarta Edición, México. 217 p.

Goché, T. J. R.

- 1993 **“Estudio tecnológico de la madera de *Quercus sideroxyla* del Estado de Durango”**. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 64 p

Kollman, F. And W.A. Coté.

- 1968 **“Principles of Wood Science and Technology. Vol 1: Solid Wood”**. New York, USA. 592 p.

Mass, P. J.

- 1997 **“Los encinos como fuente potencial de madera para celulosa y papel en México”**. Revista Ciencia Forestal en México. 9 (2):39-58.

Nájera, L. J. A., Méndez, G. J. y Rodríguez, R. I.

- 2003 **“Cinco propiedades mecánicas de *Quercus sideroxyla* Humb. & Bonpl. de El Salto, Durango”**. XIV Congreso Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario. Durango, Dgo., México.

Novelo, G.

- 1964 **“Posibles aplicaciones de la madera de cuatro especies tropicales con base a sus propiedades físicas y mecánicas”**. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 42 p.

Oliveira, J.T.S y Silva, J.C.

- 2003 **“Variacião radial da retratibilidade e densidades básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm.”**. Revista Árvore, Vicoso-MG. 27(3):381-385.

Pearson, R. & Williams, J.

- 1952 **“Review of Methods for Sampling of Timber”**. Forest Products Journal 8(10):263-268.

Peniche, C.

- 1990 **“La madera y la arquitectura”**. División de Ciencias y Artes para el Diseño. Departamento de Procesos y Técnicas de Realización Universidad Autónoma Metropolitana. 137 p.

Pérez, O. C. y Dávalos, S. R.

- 1995 **“Relación estructura-propiedad de la madera de dos especies de *Quercus* de la Sierra Norte de Puebla, México”**. III Seminario Nacional sobre la utilización de los encinos. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, México. pp. 427-441 pp.

Robles, F. F. y Echenique, M. R.

- 1983 **“Estructuras de madera”**. Editorial LIMUSA. México. 367 p.

Quiñones, J.O.

- 1974 **“Características físicas y mecánicas de la madera de cinco especies mexicanas”**. Boletín Técnico No. 42. INIF. México. 19 p.

Record, S.J

- 1914 **“The mechanical properties of wood”**. Jhon Wiley & Sons, Inc. Ed. New York, USA. 165 p.

Rzedowski, J.

- 1978 **“Vegetación de México”**. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. 283-313 pp.

Statistical Analysis System.

- 1985 **“User’s Guide: Statics”**. Ver. 6. 1028 p.

Tarkow, H.

- 1982 **“Wood and moisture”**. in wood, its structure and properties, Ed. F.F. Wangaard, Vol. I. Clark C. Heritage Memorial Series on Wood. EMMSE Project, Pennsylvania State University, University Park. 101-146 pp.

Torelli, N.

- 1982 **“Estudio promocional de 43 especies forestales tropicales mexicanas”**. Programa de Cooperación Científica y Técnica México-Yugoslavia. SARH. SFF. UEK. México. 73 p.

UCOFEFO 6.

- 1997 **“Memoria general de predios del programa de manejo forestal 1997-2007”**. El Salto, Durango, México 201 p.

Zavala, C.

- 1989 **“Identificación de Encinos de México”**. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx. 150 p.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

RECONOCIMIENTO DE DEFECTOS EN MADERAS UTILIZANDO UNA RED NEURO DIFUSA

Graciela María de Jesús Ramírez Alonso y Mario I. Chacón
Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 577-589

e-revist@s

RECONOCIMIENTO DE DEFECTOS EN MADERAS UTILIZANDO UNA RED NEURO DIFUSA RECOGNITION OF DEFECTS IN WOOD USING A DIFFUSE NETWORK NEURO

Graciela María de Jesús **Ramírez-Alonso**¹ y Mario I. **Chacón**¹

Instituto Tecnológico de Chihuahua. Laboratorio de DSP y Visión. Ave. Tecnológico 2909 CP.31310, Tel. 4-137474 Ext 112 y 114. Chihuahua, Chihuahua. Correo electrónico: gramirez,mchacon@itchihuahua.edu.mx.

RESUMEN

Este artículo, describe un clasificador neuro difuso, que diferencia entre 4 tipos de defectos en maderas conocidos como botones. La inspección visual de estos defectos por humanos, tiene un alto grado de complejidad ya que dentro de una misma clase existen variaciones en forma, tamaño y color. Las características utilizadas por el clasificador se extrajeron de las imágenes de maderas mediante filtros Gabor 2D. Estos filtros son muy utilizados para imágenes, en donde la textura es un factor importante. Para reducir la dimensionalidad del vector de características, se utilizó el Método de Incorporación. La red neurodifusa se diseñó a partir de una red de Funciones de Base Radial, FBR, de dos capas en donde las entradas de la red se fuzzifican antes de iniciar el entrenamiento. El reconocimiento que se alcanzó fue del 97.05% siendo un resultado aceptable, teniendo en cuenta que un inspector humano alcanza un reconocimiento entre el 75 y 85%.

Palabras Clave: Neurodifuso, madera, método de incorporación.

Abstract

This article describes to a neuro-difusse sort key that marks a difference between four types of defects in wood known like bellboys. The visual inspection by humans of these defects has a high degree of complexity since within a same class variations in form, size and color exist. The characteristics used by the sort key were extracted of the wood images by means of Gabor filters 2D. These filters very are used for images in where the texture is an important factor. The Method of Incorporation was used In order to reduce the dimensionality of the vector of characteristics. The neuro-difusse network was design from a network of Radial Base Functions, FBR, of two layers in where the entrances of the network are fuzzified before initiating the training. The recognition that was reached was of the 97. 05% being an acceptable result considering that a human inspector reaches recognition between 75 and 85%.

Key words: neuro-difusse, wood, method of incorporation.

Recibido. 15 de mayo de 2005. Aceptado: 27 de agosto de 2005.

Publicado como NOTA en Ra Ximhai 1: 577-589. 2005.

INTRODUCCIÓN

La teoría de redes neurales artificiales, RNA, y lógica difusa, LD, se ha aplicado en varios problemas de reconocimiento de patrones teniendo resultados aceptables (Ritter *et al.*, 1998; Bezdek *et al.*, 1992). Conforme se ha ido avanzando en el área de reconocimiento de patrones, se han propuesto nuevas técnicas que incorporan aspectos de las redes neurales, en el sentido de que los sistemas tengan la capacidad de aprender y generalizar, y aspectos de lógica difusa, en la cual el sistema trate de imitar el razonamiento humano y tenga la capacidad de manejar incertidumbre. Esto hace que los modelos computacionales diseñados para reconocimiento de patrones sean más inteligentes y poderosos (Chin y Lee, 1995). A este tipo de sistemas se les conoce con el nombre de redes neuro difusas (Casanova, 2002).

Se ha encontrado que la red FBR, es funcionalmente equivalente a un sistema difuso simple bajo ciertas condiciones (Yaochu *et al.*, 2000). Esta equivalencia funcional, permite combinar las características de modelos de RNA y LD, en uno solo tomando ciertas consideraciones. En este trabajo se optó por fusificar las entradas a la red FBR antes de que comience su entrenamiento formando así una red neural difusa.

En la industria maderera, la calidad de las hojas de madera determina su precio en el mercado. La calidad depende del número de defectos y su distribución. Un inspector diferencia los defectos de acuerdo a su apariencia y textura y así determina si la madera es buena o no. Esta labor no es sencilla ya que dentro de una misma clase existen variaciones en la forma, tamaño y color del defecto. El defecto más común que se encuentra en la madera es el llamado “nudo o botón”. En el presente trabajo se clasifican cuatro clases de botones, los cuales se identificarán por sus siglas en inglés, **EN** se refiere al defecto llamado “encased”, **SO** al defecto “sound”, **LE** al defecto “leaf” y **ED** al defecto “edge”.

Se tienen un total de 140 imágenes, las cuales ya han sido clasificadas por expertos. Tanto las imágenes como su clasificación fueron adquiridas de un experimento ya realizado por la Universidad de Oulu, Finlandia (Silven *et al.*, 2003). Anteriormente se han hecho otros trabajos que clasifican estas mismas clases de defectos, pero utilizando diferentes técnicas

para extracción de características o diferentes tipos de RNA (Jouko y Seppo, 1994; Jouko y Seppo, 1996; Jouko *et al.*, 1995; kauppinen *et al.*, 1999).

Lo novedoso en este trabajo es que se utiliza una red neuro difusa para la clasificación de los cuatro defectos en madera. Esta red neuro difusa integra características de una red FBR así como la de un sistema difuso.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipos de botones en la madera

Los cuatro tipos de defectos que se manejan en este trabajo son: **EN**, **LE**, **ED** y **SO**. Los botones **EN** son aquellos que están rodeados por una región oscura. Lo que caracteriza a un defecto **LE** es que tiene forma de hoja. Los botones **ED** se localizan en la orilla de la madera. Los defectos **SO** son aquellos que presentan rasgaduras o poca porosidad en el botón (Jouko y Seppo, 1996; Kauppinen *et al.*, 1999). La Figura 1 muestra cada uno de los defectos antes mencionados.

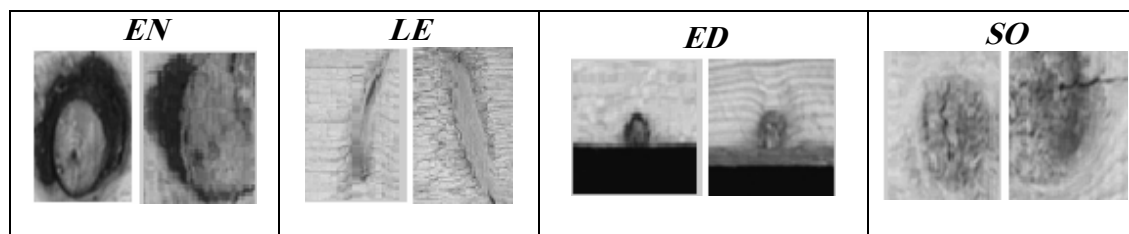


Figura 1. Cuatro tipos de defectos en la superficie de maderas.

Un inspector, identifica los defectos guiándose por las características de forma, tamaño, estructura y color. Comúnmente en un sistema de inspección visual, la clasificación se basa en características geométricas del defecto, tales como tamaño del defecto, tamaño del mínimo cuadrado que encierra el defecto, diámetro, posición del defecto en la madera y promedio de nivel de gris (Jouko y Seppo, 1996). Si solamente se toman estas características para identificar diferentes clases de defectos el resultado del clasificador será muy deficiente, ya que dentro de una misma clase el tamaño del defecto varía, además de que algunos defectos son muy similares entre sí y es muy difícil separarlos si se cuenta

solamente con esta información. Además, las características geométricas requieren de la segmentación de los defectos, lo cual resulta difícil para algunos tipos de clases (Jouko y Seppo, 1996). Por esta razón es necesario utilizar técnicas que extraigan características de textura en las imágenes. Una opción es emplear filtros Gabor. Estos filtros poseen la cualidad de extraer características en diferentes frecuencias y orientaciones de la imagen, siendo estas características invariantes a rotación, traslación y dimensión del defecto a analizar.

Preprocesamiento de la Imagen

Filtros Gabor

Los filtros Gabor, se pueden describir como un modelo computacional, que pretende simular la forma en la que son analizadas las imágenes, por la población de células de la corteza visual. Lo que se realiza en los filtros Gabor de 2-D es lo siguiente: se diseñan varios filtros, pasa banda (banco de filtros), los cuales responden a diferentes frecuencias y orientaciones definidas por las características de una onda gaussiana (ancho y orientación de la onda), la señal será filtrada con cada uno de estos filtros, resultando en varias imágenes filtradas las cuales guardarán información relacionada a la frecuencia y orientación a la que se encuentra el filtro. Este proceso trata de simular lo que le sucede a las células simples de la corteza visual al analizar imágenes.

El banco de filtros Gabor utilizado en este trabajo se define con la siguiente ecuación:

$$\psi(f, \theta, x, y) = \exp(i(f_x x + f_y y) - \frac{f^2(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}) \quad (1)$$

Donde

$$f_x = f \cos \theta, \quad f_y = f \sin \theta \quad y \quad i = \sqrt{-1}$$

x y y son las coordenadas de los píxeles de la imagen en el rango $(-x/2, x/2)$ y $(-y/2, y/2)$. La frecuencia central del pasa banda es f , la orientación espacial es θ , y el parámetro σ determina el ancho de banda del filtro. En este trabajo el valor de σ es e 1.5π .

Teniendo cuidado de que las frecuencias de los filtros no fueran mayor de π se determinaron los siguientes valores para f_k :

$$f_k = \frac{\pi}{\sqrt{2}^k} \quad k = 2, 3, 4 \text{ y } 5 \quad (2)$$

Y las orientaciones que se utilizaron fueron las siguientes:

$$\theta_t = \frac{\pi t}{8}, \quad t = 0, \dots, 7 \quad (3)$$

Donde k determina la banda de frecuencia (resolución de los detalles extraídos por el filtro) y t enumera las orientaciones.

La representación de la transformada Gabor de una imagen, es la convolución de la imagen con el banco de filtros Gabor de la ecuación 1. Aplicando el teorema de convolución, la salida del filtro Gabor de la imagen por medio de la transformada de Fourier se define de la siguiente manera:

$$\mathfrak{F}\{O_{f,\theta}(x, y)\} = \mathfrak{F}\{I(x, y)\} \mathfrak{F}\{\psi_{f,\theta}(x, y)\} \quad (4)$$

Y

$$O_{f,\theta}(x, y) = \mathfrak{F}^{-1}\{\mathfrak{F}\{I(x, y)\} \mathfrak{F}\{\psi_{f,\theta}(x, y)\}\} \quad (5)$$

Donde $O_{f,\theta}$ es la imagen filtrada, $I(x, y)$ es la imagen original, $\psi_{f,\theta}(x, y)$ es la onduleta Gabor a utilizar donde f y θ indican la frecuencia y la orientación a la que se está trabajando, $\mathfrak{F}$ y $\mathfrak{F}^{-1}$ indica la transformada de Fourier y la transformada inversa de Fourier, respectivamente.

En este trabajo se utilizaron cuatro frecuencias y ocho orientaciones formando un banco de 32 filtros. Sólo se trabajó con la magnitud de la salida de los filtros, $|O_{f,\theta}|$, ya que ésta es robusta y tolerante a distorsiones para tareas de reconocimiento de patrones. Para acelerar la etapa de preprocesamiento todas las imágenes fueron normalizadas a un tamaño de 64x64 y se utilizaron imágenes en escala de grises. Para agrupar en una sola matriz toda la información de las 32 imágenes filtradas se realizó lo siguiente:

Desde $\theta=1$ hasta 8 (indica número de orientaciones que se manejan)

Desde $f=1$ hasta 4 (número de frecuencias)

Se toma la magnitud de la salida $|O_{f,\theta}|$ a frecuencia f orientación θ , la cual tiene un tamaño de 64×64

Se concatenan las columnas de $|O_{f,\theta}|$ formando una matriz de 4096×1

Se submuestra la matriz de 4096×1 por un factor de 4 formando ahora una matriz de 1024×1

Se guarda ese resultado

$f=f+1$

$\theta = \theta + 1.$

Extracción de Características

Una vez que se realizó todo lo anterior, por cada imagen a analizar se tiene ahora una matriz de 1024×32 , la cual guarda diferentes características a cuatro frecuencias y ocho orientaciones. Buscando características fáciles de entender y calcular se decidió utilizar la media y desviación estándar de cada una de las 32 columnas formando ahora una matriz de 2×32 . Esta matriz se reajustó a un tamaño de 1×64 en donde los primeros 32 elementos indican la desviación estándar y los siguientes 32 la media. Además se añadieron dos características más, la desviación estándar y media de la imagen original, formando ahora un vector de características de tamaño 1×66 . La Figura 2 muestra un esquema de lo que se explicó anteriormente.

Buscando reducir la dimensionalidad del vector de características se decidió utilizar el Método de Incorporación. En este método se realiza lo siguiente: primero evalúa a cada una de las N variables características, escogiéndose la que produzca el mejor rendimiento del clasificador. Luego se forman todos los subconjuntos posibles de dos características formados por la óptima y otra cualquiera escogiéndose la pareja que dé lugar al rendimiento más elevado. Después, se forman todos los subconjuntos posibles de tres características formados por las dos óptimas más una cualquiera del resto, eligiéndose aquel subconjunto que produzca el rendimiento más alto. Este procedimiento continúa hasta el rendimiento del clasificador llegue a un máximo, lo cual se determina de manera experimental.

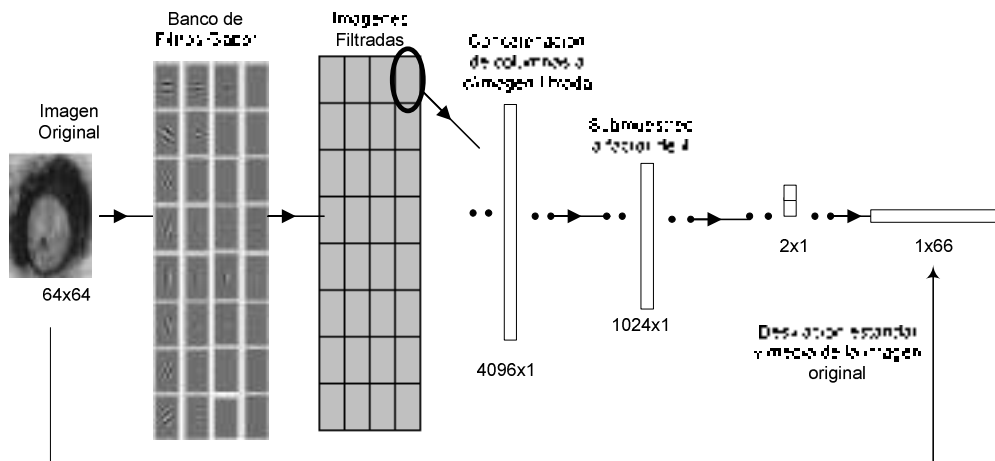


Figura 2. Diagrama a bloques de la etapa de extracción de características de la imagen.

Red Neural Difusa

Estudios realizados han demostrado que las redes FBR son funcionalmente equivalentes a un sistema difuso bajo ciertas condiciones (Yaochu *et al.*, 2000). Esta equivalencia funcional hace posible combinar las características de estos dos modelos en uno solo, conocido como sistema neuro difuso.

Tomando esto en consideración se diseñó una red neuro difusa a partir de una red FBR. A continuación se explicará el funcionamiento de la red.

La red que se utilizó es una FBR probabilística de dos capas. Cuando una entrada se presenta a la red, la primera capa calcula la distancia entre el vector de entrada y los vectores de entrenamiento y produce un vector cuyos elementos indican que tan cerca está la entrada de los vectores de entrenamiento. La segunda capa suma la contribución a cada clase y produce un vector de probabilidades, la clase que se encuentre más cercana al vector de entrada tendrá la probabilidad más alta de representarla. Finalmente la salida de la segunda capa escoge la clase que tuvo el valor más alto de probabilidad y produce un 1 para esa clase y un 0 para todas las demás, es decir en esta capa se realiza una competencia entre las clases para representar a la entrada (Math Works Inc., 2002). La función de activación de la primera capa, es una función gaussiana, la cual producirá un máximo de 1 cuando la distancia entre la entrada y el vector de prueba sea 0. Conforme la distancia entre

la entrada y el vector de prueba se incrementa la salida de la función disminuirá. En el entrenamiento cada neurona de la primera capa, representará a cada una de las muestras de entrenamiento con cierta tolerancia, de acuerdo al ancho de la función gaussiana, de tal manera que el número de neuronas en la primera capa, es igual al número de muestras que se utilizaron en el entrenamiento, y el número de neuronas de la capa de salida, es igual al número de clases que se quieren clasificar.

Una red neural difusa, cuenta con las propiedades básicas y arquitectura de una red neural artificial, en ellas simplemente se fusifican algunos de sus elementos (Chin y Lee, 1995). Algunas de las maneras de fusificar una red neural son:

- Utilizar algún tipo de algoritmo difuso en el entrenamiento de la red
- Fusificar las neuronas de la red
- Fusificar las entradas o salidas (o ambas) en la red neural

En este trabajo se fusificaron las entradas de la red FBR para formar la red neurodifusa.

DISEÑO DEL CLASIFICADOR

Filtros Gabor

Lo primero que se debe de realizar; es el diseño del banco de filtros Gabor utilizando las ecuaciones 1, 2 y 3. Como se manejan cuatro frecuencias y ocho orientaciones el banco es de 32 filtros, en donde cada filtro extrae características de la imagen a diferente frecuencia y orientación. Lo siguiente es convolucionar cada imagen con este banco de filtros utilizando las ecuaciones 4 y 5. Una vez que se obtiene la salida del filtro $O_{f,\theta}$, se calcula su magnitud, $|O_{f,\theta}|$, y se agrupa en una sola matriz la información de las 32 imágenes filtradas. El proceso de agrupar esta información en una matriz ya se especificó anteriormente y se muestra en el diagrama de la Figura 2.

Reducción del Vector de Características

Hasta este paso el tamaño del vector de características de la imagen es de 1x66. Contrario a lo que se piensa, el utilizar varias características puede resultar en dificultades para la capacidad de interpretabilidad del clasificador. Es por eso que se debe de utilizar algún método que disminuya la dimensionalidad del vector de características. En este trabajo se utilizó el Método de Incorporación explicado anteriormente. De acuerdo a este método se definió que las características a tomar en cuenta para el clasificador serían las siguientes:

- Desviación estándar de la imagen original
- Media de la imagen original
- Desviación estándar de las siguientes imágenes del Banco de Filtros Gabor:

Frecuencia 4 orientación 1
Frecuencia 4 orientación 2
Frecuencia 3 orientación 5
Frecuencia 4 orientación 5
Frecuencia 4 orientación 7
Frecuencia 2 orientación 8
Frecuencia 4 orientación 8

Por lo tanto, el vector de características se redujo a una dimensión de 1x9.

Red Neuro Difusa

Lo siguiente es diseñar la red. Como ya se mencionó la red que se utilizará es una FBR Probabilística de 2 capas. El número de neuronas que se tiene en la primera capa, es igual al número de muestras que se tienen para su entrenamiento, en este caso fue de 72 muestras por lo que la primera capa consta de 72 neuronas. Las funciones de activación de la primera capa son funciones gaussianas. El número de neuronas de la última capa es igual al número de clases que se van a clasificar, en este experimento se clasifican 4 tipos de defectos por lo que la última capa cuenta con 4 neuronas, una para cada clase.

La forma en que se fusifican las entradas a la red es la siguiente: en cada una de las nueve características del vector de entrada se diseñan funciones de pertenencia. Estas funciones se

forman de acuerdo a la distribución de las clases en cada característica. Después se evalúa cada vector de entrada en las funciones de pertenencia formadas.

Para entender mejor esto se tiene el siguiente ejemplo: supongamos que x_1 es un vector de tamaño 1×9 de la forma:

$$x_1 = [0.27 \ 0.80 \ 0.21 \ 0.25 \ 0.08 \ 0.07 \ 0.20 \ 0.48 \ 0.19]$$

Para fuzificar el primer valor de x_1 éste se evalúa en las siguientes funciones de pertenencia:

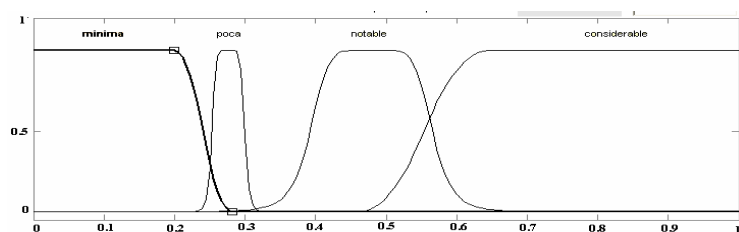


Figura 3. Funciones de pertenencia utilizadas para evaluar el primer elemento del vector de entrada.

Una vez que se evalúa el primer elemento de x_1 se tendría lo siguiente:

Antes de Evaluarse	Después de Evaluarse
$x_{11}=[0.27]$	$x_1=[0 \ 0.3 \ 0 \ 0 \ \dots]$

Esto se realiza en cada uno de los nueve componentes del vector. El número de funciones de pertenencia que se utilizan para evaluar cada elemento del vector de entrada son: 4, 4, 2, 2, 1, 2, 1, 1 y 1 con lo que ahora el tamaño del vector es de 1×18 . Este vector es la entrada a la red FBR Probabilística.

Se cuenta con 140 muestras para clasificar, de las cuales 72 se utilizan para el diseño de la red y las otras 68 para entrenamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra la matriz de confusión de las 72 muestras que se utilizaron para el diseño de la red FBR. La primera columna indica el defecto que se está analizando. La primera fila señala hacia donde fue clasificado el defecto, el número de muestras que se utilizaron y los errores que se obtuvieron en cada clase.

Cuadro 1. Resultados utilizando las 72 muestras para diseño de la red neurodifusa.

	SO	EN	ED	LE	muestras	Error
SO	20	0	0	0	20	0
EN	0	10	0	0	10	0
ED	0	0	22	0	22	0
LE	0	0	0	19	19	0
Error total						0

Los resultados que se obtienen con las 68 muestras de entrenamiento se muestran en la matriz de confusión del Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultado de la clasificación utilizando las 68 muestras de prueba de la red neuro difusa.

	SO	EN	ED	LE	muestras	Error
SO	19	0	0	1	20	1
EN	0	8	0	0	8	0
ED	0	0	20	1	21	1
LE	0	0	0	19	19	0
Error total						2

Con lo que se tiene que el reconocimiento, que se logra utilizando la red neuro difusa propuesta en este trabajo, es del 97.05% siendo éste un resultado bastante aceptable, tomando en cuenta de que un inspector humano alcanza un reconocimiento entre el 75 y 85% (Jouko *et al.*, 1995).

CONCLUSIONES

El utilizar los beneficios de la lógica difusa y las redes neurales artificiales en un solo sistema, como se hace en una red neurodifusa, se obtienen resultados muy buenos en comparación con aquellos que se obtienen utilizando solamente redes neurales o lógica difusa de manera independiente. Esto se comprueba en este trabajo ya que anteriormente se

han realizado otros dos experimentos, en uno de ellos se utiliza solamente redes neurales para la clasificación de estos mismos defectos y el otro utiliza lógica difusa, pero el sistema que se presenta en este trabajo es el que mejores resultados ha obtenido.

Actualmente se está trabajando en la clasificación de siete defectos en madera utilizando algoritmos de agrupamiento difuso para su clasificación. Esto es con el fin de que a partir de los datos agrupados se formen las funciones de pertenencia de un sistema difuso y éste realizara la clasificación de las siete clases de defectos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CONACYT por el financiamiento de este trabajo bajo el convenio PFPN-03-29-05.

LITERATURA CITADA

Bezdek C. James, L. y Pal K.

1992 **“Fuzzy models for pattern recognition”**. IEEE PRESS. 232 p.

Casanova J. A.

2002 **“Multiorientación de imágenes mediante un banco de filtros de Gabor-2D”**
Revista Cognitiva. 12 (2): 223-246.

Chin, T. y G. Lee.

1995 **“Neural Fuzzy Systems: A Neuro Fuzzy Synergism To Intelligent Systems”**.
Editorial Prentice Hall. 354 p.

Kauppinen, H., O. Silven y T. Piirainen.

1999 **“Self Organizing Map based user interface for visual surface inspection”**. Proc.
11th Scandinavian coference on image analysis, Kangerlussuaq, Greenland. pp. 801-808.

Jouko, L. y Seppo, S.

1994 **“Word defect recognition: A comparative study”**. Proc. of workshop on Machine
vision in advanced production, Oulu, Finland. 112 p.

1996 **“Self organizing feature extraction in recognition of wood surface defects and color images”**. International Journal of Pattern Recognition and Artificial
intelligence. 10 (2): 97-118.

Jouko L. Seppo S. y Markku K.

1995 **“Word surface inspection system based on generic visual features”**.
International Conference on artificial neural networks ICANN'95 Paris. pp.9-13.

Silven, O., M. Niskanen y H. Kauppinen.

2003 **“Electrical engineering”** University of Oulu. Department of electrical engineering.
(En Línea) disponible en [http://www.oulu.fi/research/ imag/gsom/](http://www.oulu.fi/research/imag/gsom/)

The Math Works Inc.

2000 **“Neural Network Toolbox User’s Guide”**. Ver.2. 74 p.

Yaochu, J. Werner, Von S. y Bernhard, S.

2000 **“Extracting Interpretable fuzzy rules from RBR neural networks”**. Institut Fur
Neuroenformaski. Ruhr-Universitat Bochum, Internal Report, January 34 p.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

**ACLIMATACIÓN DE PLANTAS OBTENIDAS *in vitro* DE *Eucalyptus urophylla* S.
T. BLAKE Y *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN**

Rosa Martínez Ruiz; Hilda S. Azpiroz Rivero; José Luis Rodríguez De La O; Víctor M. Cetina
Alcalá y M. A. Gutiérrez Espinosa

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 591-597

e-revist@s

ACLIMATACIÓN DE PLANTAS OBTENIDAS *in vitro* DE *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE Y *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN

ACLIMATATION OF PLANTS *in vitro* OBTAINED OF *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE AND *Eucalyptus grandis* HILL EX MAIDEN

Rosa **Martínez-Ruiz**¹; Hilda S. **Azpíroz-Rivero**²; José Luis **Rodríguez-De La O**³; Víctor M. **Cetina-Alcalá**⁴ y M. A. **Gutiérrez-Espinosa**⁵

¹ Profesora Investigadora. Programa Forestal. Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: ruizrosa@uaim.edu.mx.

² Laboratorio de Biotecnología y germoplasma Forestal-INIFAP. ³ Laboratorio de Cultivo de Tejidos-UACH. ⁴ Programa Forestal-Colegio de Postgraduados. Programa de Fruticultura-Colegio de Postgraduados.

RESUMEN

Plantas obtenidas mediante micropropagación de las especies: *Eucalyptus urophylla* y *Eucalyptus grandis*, que medían de 3 a 7 cm. de longitud y poseían como mínimo 3 raíces, se colocaron en bolsas con suelo arcillo arenoso como sustrato y fueron ubicadas en un vivero que proporcionaba 70 % de sombra. El riego fue por aspersión durante 15 días, se fertilizaron a los 25 días de iniciada la aclimatación y se realizaron aspersiones con Oxiclورو de Cobre cada 7 días. A los dos meses de haber sido trasplantadas a suelo, las plantas alcanzaron aproximadamente 20 cm de longitud y se consideraron preparadas para plantación. Los porcentajes de adaptación logrados fueron: *E. urophylla* 85 % y *E. grandis* 75 %.

Palabras claves: *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis*, aclimatación, micropropagación, cultivo de tejidos.

SUMMARY

Micropropagated plants of the species: *Eucalyptus urophylla* and *Eucalyptus grandis* from 3 to 7 cm. of length with at least 3 roots, were transferred to bags containing a argillarenaceous soil, they were situated in a shaded place which gave a 70 % of shadow. Irrigation was applied by means of spray at intervals during 15 days and they were fertilized after 25 days of acclimatization. Sprinkling with copper oxichloride were done every 7 days. Two months later the plantlets reached 20 cm of length, so they were consider ready to transplanted to the field. The adaptation percentages gotten were: *E. urophylla* 85 % y *E. grandis* 75%.

Key words: *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis*, acclimatization, micropropagation, tissue culture.

Recibido: 10 de febrero de 2005. Aceptado: 17 de agosto de 2005.

Publicado como NOTA en Ra Ximhai 1: 591-597. 2005.

INTRODUCCIÓN

En México, en los últimos años, se han introducido y probado más de 10 especies de *Eucalyptus*, algunas de las cuales se han adaptado muy bien a determinadas localidades y constituyen, conjuntamente con introducciones anteriores, un potencial productivo de gran importancia, por sus múltiples usos como madera para construcciones, mobiliarios, chapas, aglomerados, energía, laminados, etc., siendo la demanda de los productos superior aún a la oferta (Betancourt, 1987; Castro, 1998). La propagación vegetativa se ha aplicado en varias especies para incrementar la productividad y resolver problemas con la semilla o de la producción y puede realizarse a través de varias técnicas entre las que se encuentra el cultivo de tejidos. Dentro de esta metodología, la micropropagación ha sido la más difundida y con aplicaciones prácticas comprobadas, se ha insertado en los programas de mejoramiento para la propagación de clones de alto valor genético (Aloísio, 1997; Celestino, 1999; Daquinta, 2000). El proceso de aclimatación de las plántulas obtenidas por cultivo *in vitro* es muy complejo, sobre todo en especies leñosas, por lo que el control estricto de las condiciones ambientales durante esta fase es determinante en un sistema de micropropagación. En este trabajo se establecen las condiciones ambientales en que deben desarrollarse las plantas *in vitro* de *Eucalyptus*, así como las atenciones silviculturales que deben proporcionárseles para lograr su aclimatación.

MATERIALES Y MÉTODOS

De las plantas obtenidas *in vitro* de *E. grandis* clon 246 y *E. urophylla* clon 141 de 6 - 7 centímetros de altura, que poseían como promedio 3 raíces y que la raíz mayor medía entre 5 - 7 cm de longitud aproximadamente. Se extrajeron de los tubos de cultivo para evaluar su supervivencia y se colocaron en una solución en benlate a 1 g L^{-1} , eliminando completamente el agar para evitar la aparición de hongos y su deshidratación en el proceso de cambio de sustrato, posteriormente se trasplantaron a una bolsa de polietileno negro de 20 x 11 cm; que contenían suelo arcillo arenoso estéril y el 10 % de agrolita. Se trasplantaron 20 plantas de cada especie, las plántulas se ubicaron en un sitio que proporcionaba un 70 % de sombra en vivero. El riego se aplicó con un aspersor durante 20

días dos veces al día a partir de los cuales se fue reduciendo paulatinamente hasta los 40 días en que se sacaron las plantas del vivero, regándolas a partir de ese momento una vez al día durante otros 20 días. Se aplicó fertilizante de fórmula completa triple 17 (17-17-17) a los 25 días de iniciada la aclimatación, a razón de 5 gL⁻¹. Se realizaron aspersiones con oxiclورو de cobre 0.3 g L⁻¹, cada siete días por un mes, esto debido a que en esta etapa existe un alto índice de ataque de hongos a los explantes principalmente. Esta metodología es la utilizada en el laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de la UACH y es similar a la empleada por González *et al.* (1987) para la aclimatación de *E. saligna*, mediante el empleo de estaquillas. Las variaciones fundamentales están dadas por el porcentaje de sombra y el sustrato utilizado.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las plantas vigorosas y que medían aproximadamente de 20 a 30 cm. de altura se consideraron establecidas y listas para ser llevadas a plantación (Figura 1), lo que ocurre aproximadamente a los dos meses de iniciado el proceso de aclimatación. Si por alguna causa las plantas no pueden ser llevadas antes a la plantación, éstas pueden mantenerse hasta 3 meses en las bolsas. Los porcentajes de supervivencia alcanzados para las dos especies de *Eucalyptus* se muestran en el Cuadro 1.



Figura 1. Plantas aclimatadas a) *E. urophylla* y b) *E. grandis*.

Cuadro 1. Porcentajes de supervivencia logrados para las dos especies de *Eucalyptus*.

Especie	Supervivencia (%)
<i>E. grandis</i> (clon 246)	75
<i>E. urophylla</i> (clon 141)	85

La supervivencia de las plantas *in vitro*, regeneradas durante el período de adaptación, depende fundamentalmente de las peculiaridades fisiológicas, estructurales y anatómicas que las plántulas presentan producto del desarrollo *in vitro*, el cual permite una elevada humedad relativa en el interior de los frascos, baja intensidad luminosa, bajo intercambio gaseoso, abundante disponibilidad de nutrientes y carbono (generalmente en forma de sacarosa) y una pequeña variación de temperatura en un rango considerado óptimo para el cultivo (Preece y Sutter, 1991; Teixeira *et al.*, 1995; Aloísio, 1997). Entre los principales problemas que presentan las plantas *in vitro* se encuentran: ineficiencia fotosintética, debido a los bajos contenidos de pigmentos del aparato fotosintético y el desarrollo de cloroplastos con granas desorganizadas (Preece y Sutter, 1991; Inoue *et al.*, 1999); capacidad reducida de formar cutículas cerosas (Amar *et al.*, 1995), estomas poco funcionales debido a la alteración en la forma de las células oclusivas (Ziv, 1991; Diez y Gil, 1999); ineficiencia de los tejidos de sustento debido a la reducida presencia de colénquima y esclerénquima (Preece y Sutter, 1991; Framton *et al.*, 1998); absorción y transporte de agua ineficiente, debido a una conexión vascular incompleta o deficiente entre la raíz y el brote. Durante las primeras dos semanas después del trasplante, es necesario controlar adecuadamente los factores ambientales y prácticamente se requiere simular las condiciones del ambiente *in vitro* hasta que las plantas se adapten a las nuevas condiciones, para evitar el exceso de transpiración de las jóvenes plantas, hasta que éstas logren un adecuado desarrollo de sus estomas y cutícula, es necesario mantener una alta humedad relativa (Ziv, 1991; Haggman *et al.*, 1999; Sánchez, 2000). El control de la intensidad de la luz en esta fase es también importante ya que las plantas provienen de un ambiente con intensidad baja, por lo tanto ésta se debe regular para evitar la fotoinhibición del aparato fotosintético. Para atenuar el efecto de la luz durante las dos primeras semanas, se emplean mallas plásticas de diferentes porcentajes de sombra, generalmente entre 30-70 % en dependencia de las necesidades de los cultivos (Agramonte *et al.*, 1998). Trindade y Paris (1997), lograron entre un 90 y un 95

% de sobrevivencia de plantas *in vitro* de *E. globulus* en la fase de aclimatación. Por su parte Gill (1996), enraizó plántulas de *E. tereticornis* en medio líquido y en medio sólido obteniendo un 82 % de adaptación de las que provenían del medio líquido y un 38.5 % de las que provenían del medio sólido. De acuerdo con lo obtenido por los autores anteriormente citados, los porcentajes de sobrevivencia alcanzados en este trabajo para las dos especies de *Eucalyptus* son aceptables.

CONCLUSIONES

De los ensayos expuestos anteriormente, se puede concluir que: a) Se aclimataron plantas obtenidas *in vitro* de *E. grandis* y *E. urophylla*, donde se alcanzan porcentajes de supervivencia de 75 % y 85 % respectivamente. b) el sustrato utilizado para el trasplante de planta *in vitro* a suelo fue el adecuado. c) el crecimiento de las plantas en vivero fue normal, obteniéndose planta de buena calidad. d) No hay antecedentes del uso de biotécnicas de los clones de las especies en estudio, por este motivo creemos que este trabajo puede ser un precedente, teniendo en cuenta que la micropropagación de especies forestales permite contar con un gran número de individuos de características deseables. f) adaptando las diferentes técnicas de micropropagación a especies arbóreas se contribuye a la conservación de los recursos genéticos forestales, mediante la instalación de bancos de germoplasma, lo que alberga una amplia gama de material genético, brindando oportunidades para estudios científicos y de investigación.

LITERATURA CITADA

Agramonte, D.; F. Jiménez M. A. y Dita A.

1998 **Aclimatización en Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología.** Editorial Instituto de Biotecnología de las Plantas. Santa Clara, Cuba. 400 pp.

Aloísio, X.

1997 **Enraizamiento *in vitro* de gemas de *Eucalyptus* multiplicadas e alongados.** Revista Scientia Forestalis. 51: 29-26 pp.

Amar, S.; Pérez L. E. P. y Kerbauy G. B.

- 1995 **“Análisis comparativo del contenido de ceras en hojas de *Catasetum fimbriatum* (Morres Lindl *in vitro* y *ex Vitro*”**. In: Congreso Nacional de Botánica, 44, Riberao Preto. Anais Ribeirao Preto. 267 – 268 pp.

Betancourt, T.

- 1987 **“Silvicultura especial de árboles maderables tropicales”**. Editorial Científico-Técnica, La Habana, Cuba. 427 p.

Castro R. D.

- 1998 **“Propagación *in vitro* de árboles élités adultos de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. tereticornis*”**. III Encuentro latinoamericano de Biotecnología vegetal. REDBIO'98. Resúmenes. FAO-CUBA. pp. 28-29.

Celestino, C. Fernández B.; Hernández I.; Molinas M.; Puigderrajols P.; Martínez I.; Hornero J.; Gallego F. J.; Manjón J. L.; Díez J. y Toribio, M.

- 1999 **“Somatic embryogenesis in cork oak (*Quercus suber* L.)”**. In: Proceedings of Application of Biotechnology to Forest Genetics. Biofor 99. Espinel S., Ritter E. (Ed.). 22-25 September, Vitoria-Gasteiz, Spain. pp.195-197.

Daquinta G. M. L.; Lezcano R.; Escalona M.

- 2000 **“Algunos elementos en la micropropagación de la Teca”**. Biotecnología Vegetal. 1: 39-44.

Diez, J.; Gil L.

- 1999 **“Culturing of cell tissues within the Spanish breeding programme against Dutchelm disease”**. In: Proceedings of Application of Biotechnology to Forest Genetics. Biofor 99. Espinel S., Ritter E. (Ed.). 22-25 September, Vitoria-Gasteiz, Spain. pp.307-311.

Frampton, L. J.; Amerson H. V.; Leach G. N

- 1998 **“Tissue culture method affects *ex vitro*, growth and developmentt of loblolly pine”**. New Forests 16: 125-138.

Gill, R. I

- 1996 **“Micropropagation of economically important tropical forest trees. Tree improvement for sustainable tropical forestry”**. QFRI-IUFRO Conference, Caloundra, Queensland, Australia 1: 230 – 233.

González, A.; Vera N.; Pérez, M. y Rodríguez, E.

- 1987 **“Obtención de posturas de *Eucalyptus saligna* Sm. En Topes de Collantes mediante el empleo de estaquillas”**. Centro Agrícola. XIV (1): 77 – 84.

Haggman, H.; Jokela A.; Krajnakova J.; Kauppi A.; Niemi K.; Aronen T.

- 1999 **“Somatic embryogenesis of Scots pine: cold treatment and characteristics of explants affecting induction”**. Journal of Experimental Botany 50: 1769-1778.

Preece, J. E. y Sutter, E. G.

- 1991 **“Acclimatization of micropropagated plant to the greenhouse and field”**. In: Debergh P.C., Zimmerman, R.H. Micropropagation technology and application. Editorial Dordrech Kluwer Academic Press. pp. 71 – 93.

Sánchez, O.

- 2000 **“Micropropagación de algunas leñosas nativas”**. Editorial Trama. Universidad de Concepción, Chile. 322 p.

Teixeira, J. B.; Lemos, J. I. y Coelhe, M. C

- 1995 **“Micropropagação de espécies leñosas da mata atlântica”**. In: Congreso brasileiro de Fisiología Vegetal, 5. Editorial Lavras. Anais. 132 p.

Trindade, H y Paris E.

- 1997 **“In vitro studies on *Eucalyptus globulus* rooting ability. "In Vitro" Cellular and Developmental Biology Plant”**. 33 (1): 1 – 5.

Ziv, M.

- 1991 **“Vitrification: morphological and physiological disorders of *in vitro* plant. En: Debergh, P.C., Zimmerman, R.H. 1991. Micropropagation: Technology and application”**. Editorial Dordrecht, Kluwer Academic. pp. 49 - 69.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL MEDIO AMBIENTE

Francisco Sacristán Romero

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 601-632

e-revist@s

LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DEL MEDIO AMBIENTE

THE TECHNOLOGY TO THE SERVICE OF THE ENVIRONMENT

Francisco **Sacristán-Romero**

Profesor Investigador. Universidad Complutense de Madrid. Correo electrónico: fransacris@ozu.es

RESUMEN

La Teledetección ofrece grandes posibilidades para la realización de progresos en el conocimiento de la naturaleza, aunque todavía no se ha logrado todo lo que de ella se esperaba debido a que se piensan realizar perfeccionamientos en el nivel de resolución espacial, espectral y temporal de los datos. Además, es necesario un mayor rigor científico en la interpretación de los resultados obtenidos, tratando de no extraer conclusiones definitivas de los estudios medioambientales realizados mediante técnicas de Teledetección. Los modelos que se elaboran para interpretar los datos de Teledetección deberán tener como objetivo eliminar los efectos ocasionados por la variabilidad en las condiciones de captación, la distorsión provocada por la atmósfera y la influencia de parámetros tales como la posición del sol, pendiente, exposición y altitud.

Palabras clave: Teledetección, tecnología, medio ambiente, satélites de comunicación.

SUMMARY

The remote sensing offers great possibilities for the accomplishment of progresses in the knowledge of the nature, although everything has still not been obtained what of her it was expected because they think to make improvements in the level of space resolution, spectral and temporary of the data. In addition, a greater scientific rigor in the interpretation of the obtained results is necessary, treating about not drawing definitive conclusions of the made environmental studies by means of techniques of remote sensing. The models that are elaborated to process the data of remote sensing will have to have like objective to eliminate the effects caused by the variability in the conditions of pick up, the distortion caused by the atmosphere and the influence of parameters such as the position of the sun, slope, exhibition, altitude.

Key Words: Remote sensing, technology, ecology, communications satellites.

INTRODUCCIÓN

La preocupación de los ciudadanos, por la escasez creciente de los recursos naturales y energéticos, así como las degradaciones que ha realizado el ser humano en su medio ambiente a través de sus actuaciones, muchas veces irracionales y contra natura, han planteado en el mundo entero la imprescindible necesidad de un mejor conocimiento de su hábitat natural dentro del cual se desenvuelve.

La adecuada planificación de las actividades humanas que las circunstancias actuales exigen, han de descansar en la realización de un inventario más completo y actualizado de las riquezas naturales nacionales e internacionales, ya sean agrícolas, forestales, hidrológicas, mineras, etc. De igual forma, la vigilancia sobre el medio ambiente debe ser mayor y esta actitud producirá una reducción en los impactos sufridos por el medio hasta la fecha.

Los datos procedentes del servicio conocido como Teledetección son una gran fuente de información y desempeñan un importante papel en la consecución de los dos objetivos anteriormente apuntados. Centrándonos más específicamente en el caso español, una de las acciones más importantes debe enfocarse a la **calidad de las aguas** y la **detección de incendios**, dos problemas de todos. El agua es una de las grandes riquezas de la Península Ibérica, indispensable para la vida y la ontogenia del ser humano. Si su calidad se deteriora, todos sufrimos las consecuencias: hombres, animales y plantas.

Preservar y mejorar la calidad del agua de nuestros ríos, es cuidar el medio ambiente para todos y para todo. Los ríos españoles tienen una longitud total de 172.000 kilómetros, más de cuatro veces la vuelta al mundo. Vigilar su situación, impedir cualquier vertido contaminante, requiere un sistema moderno de análisis, que utilice las tecnologías de comunicación más avanzadas. Es preocupante que hoy un tercio de la longitud de nuestros ríos necesite una atención y saneamiento inmediato, según la información suministrada por el Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente.

Para que todos dispongamos de agua en la cantidad precisa, en el momento y lugar en que sea necesaria, hace falta una actuación planificada, global, de regulación de recursos. Pero junto a ella es indispensable también conservar la calidad del agua. Por una parte depurando el agua utilizada, y a la vez vigilando su calidad, impidiendo su deterioro. Una tarea que hay que realizar de forma continua las 24 horas de cada día.

Otro asunto en el que existe una especial preocupación es el de las descargas urbanas. En poco más de

diez años, las grandes ciudades españolas en su inmensa mayoría, han abordado este problema de forma conjunta al de la depuración de las aguas residuales. Hacia mediados de los años 80, el 60% de nuestra población estaba ya conectada a sistemas de depuración. La Directiva Europea 91/271/CEE planteaba importantes retos: antes del año 2000 debían depurar sus aguas todas las poblaciones con más de 10 000 habitantes. Antes del año 2005 debían hacerlo las poblaciones con más de 2 000 habitantes.

Las empresas públicas y privadas españolas no podrán competir ni en Europa ni en el mercado interior si no asumen los costos de depuración. Por todo ello, el Plan de Regularización de Autorizaciones de Vertidos y Gestión del Canon, previsto en el Plan Hidrológico Nacional, necesita fundamentarse en sistemas altamente fiables de control y vigilancia.

El uso de fertilizantes y plaguicidas en la agricultura provoca graves alteraciones en la calidad del agua. En consonancia con lo acordado en la Directiva Europea 91/676/CEE sobre la contaminación producida por los nitratos, el Ministerio de Medio Ambiente y el de Agricultura están desarrollando en nuestro país la necesaria normativa.

Gracias a los trabajos realizados a través del sistema SAICA (Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas), que se hace posible vía HISPASAT desde 1994, la "reutilización" de las aguas residuales, se ha convertido en una actuación básica en la calidad de las aguas. Existen ya importantes programas piloto en las Islas Canarias y en Madrid. Esta nueva aplicación de las aguas permite liberar recursos cada vez mayores para abastecimientos y otros usos, asegurando las necesidades en agricultura, en el riego de parques y jardines y en la recarga de acuíferos.

La estrecha relación que la Universidad Complutense de Madrid tiene con la sociedad HISPASAT S.A. ha permitido que dispongamos de una información muy detallada de lo que constituye el núcleo central de este artículo sobre medio ambiente: El Sistema Automático de Información de Calidad de las Aguas (SAICA).

El SAICA constituye, dentro de su género, uno de los sistemas más avanzados y pioneros de Europa, en concepción y tecnología. Es a la vez un sistema extremadamente económico, permitiendo la cobertura de todas nuestras Cuencas Hidrográficas con un presupuesto de 10.000 millones de pesetas, para el que cuenta con apoyo de fondos de la Unión Europea. Ha recibido el plácet de la Comisión Europea.

Este programa es un sistema de ámbito nacional, que recibe y procesa durante las 24 horas del día la información procedente de las Redes Integrales de Control de Calidad de las Cuencas Hidrográficas.

Permite el control continuo y sistemático de la cantidad y calidad de las aguas de los ríos, según el uso a que estén destinados: abastecimiento, regadío, baños, etc.

A modo de apunte general en esta introducción, que posteriormente desarrollaremos con más amplitud y detalle, precisar que en cada Cuenca Hidrográfica, el SAICA cuenta con una red de información de Calidad de las Aguas. En total, el sistema se compone de: 1 000 Estaciones de Muestreo Periódico (EMP), 200 Estaciones de Muestreo Ocasional (EMO), 115 Estaciones Automáticas de Alerta (EAA), 9 Centros Periféricos de Proceso (CPP), uno en cada Cuenca Hidrográfica, una Unidad Central en el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el enlace entre todo el sistema se realiza usando el sistema HISPASAT.

Las "estaciones automáticas de alerta" realizan mediciones de forma continua de los diferentes parámetros elegidos sobre la calidad de las aguas. Realizan la alerta cuando detectan que determinados parámetros de calidad superan los valores exigidos por la normativa vigente.

Disparada una alarma, el sistema pone en marcha automáticamente mecanismos de interrupción de tomas de suministro de agua a poblaciones, a la vez que lleva a cabo los análisis que permiten identificar el vertido causante de la alarma y su posible origen, facilitando así las medidas sancionadoras. Las Estaciones de Control, instaladas en los puntos más conflictivos de los ríos, transmiten a los Centros de Proceso de cada cuenca y a la Unidad Central del Ministerio de Medio Ambiente la información sobre la calidad de las aguas a través del satélite español HISPASAT, mediante el sistema VSAT. En los Centros de Control se investigan las causas, se analizan las posibles consecuencias de cada contaminación y se advierte a la inspección. Entran así en funcionamiento los mecanismos de control de agua previstos en nuestras leyes.

En estos momentos, el funcionamiento normal del sistema SAICA pasa por ser la mejor opción para mantener y mejorar la calidad de las aguas de nuestros ríos y acuíferos. Este sistema tiene en cuenta las responsabilidades en materia de saneamiento y depuración de las Administraciones Locales y Autonómicas. Hace posible la coordinación con la Administración Central del Estado que es a quien corresponde el control, vigilancia y conservación del dominio público hidráulico, garantizando así la calidad de las aguas continentales. Este sistema contribuye de forma importante a la realización del Plan Hidrológico Nacional, convirtiendo a España en uno de los países europeos con más y mejores recursos hidrológicos, a pesar de los pasados años de sequía pertinaz. En suma, una buena herencia para las próximas generaciones si saben aprovecharlo con racionalidad y coherencia.

Aparte del Sistema SAICA, ampliaremos información con apartados sobre el avance más reciente de la "Teledetección", una tecnología abanderada en el estudio de los impactos medioambientales. Nos centraremos en algunos de los antecedentes, características de los datos estadísticos de Teledetección, satélites de recursos naturales anteriores a HISPASAT, para luego exponer con más profundidad nuestra explicación sobre el SAICA.

La función de la teledetección en el estudio del medio ambiente

La Teledetección de recursos naturales, se basa en un sistema de adquisición de datos a distancia sobre la biosfera, que está basado en las propiedades de la radiación electromagnética y en su interacción con los materiales de la superficie terrestre. Todos los elementos de la Naturaleza tienen una respuesta espectral propia que se denomina "signatura espectral". La Teledetección estudia las variaciones espectrales, espaciales y temporales de las ondas electromagnéticas y pone de manifiesto las correlaciones existentes entre éstas y las características de los diferentes materiales terrestres. Su objetivo esencial se centra en la identificación de los materiales de la superficie terrestre y los fenómenos que en ella se operan a través de su signatura espectral.

La información se recoge desde plataformas de observación que pueden ser aéreas o espaciales, pues los datos adquiridos a partir de sistemas situados en la Tierra constituyen un estadio preparatorio de la Teledetección propiamente dicha y se consideran como campañas de verdad terreno. Las plataformas de observación portan los captadores, es decir, aquellos instrumentos que son susceptibles de recibir y medir la intensidad de la radiación que procede del suelo en una cierta gama de longitudes de onda y transformarla en una señal que permita localizar, registrar y digitalizar la información en forma de fotografías o imágenes numéricas grabadas en cinta magnética compatibles con un ordenador (CCT).

Los captadores pueden ser cámaras fotográficas, radiómetros de barrido multispectral (MSS), radares y láseres. Estos aparatos generan imágenes analizando la radiación emitida o reflejada por las formas y objetos de la superficie terrestre en las longitudes de onda en las cuales son sensibles (ultravioleta, visible, infrarrojo próximo, infrarrojo técnico e hiperfrecuencias) con el fin de reconocer la variada gama de formas y objetos.

Satélites de recursos naturales LANSAT

Con objeto de hacer un breve recorrido histórico, sobre los satélites con servicios destinados al cuidado del Medio Ambiente, empezamos este apartado por el sistema que se encuentra como uno de los pioneros: el LANDSAT, primer satélite de recursos naturales lanzado por la NASA en julio del 1972. Con posterioridad a este lanzamiento, fueron puestos en órbita los satélites LANDSAT 2 y

LANDSAT 3 en enero de 1975 y marzo de 1978 respectivamente, con la finalidad de asegurar la recogida de datos para ulteriores estudios. Los satélites LANDSAT están situados en una órbita casi polar y sincrónica con el Sol, a 920 kilómetros de altura sobre la superficie de la Tierra.

Tardan en efectuar una órbita completa 103 minutos, barren la superficie terrestre cada 18 días y obtienen información simultánea de zonas de la Tierra de 185 x 185 km. (aproximadamente 34 000 km.). Los satélites LANDSAT están provistos de sensores remotos de varios tipos. El primero es el RBU (Return Beam Vidicon) que consiste esencialmente en un sistema de cámaras de televisión. El segundo sensor es un equipo de barrido multiespectral o MSS (Multiespectral Scanner) que registra la energía reflejada por la superficie terrestre en las regiones verde, roja e infrarroja del espectro electromagnético. La unidad elemental de información tiene una resolución espacial de 79 metros. Las señales analógicas registradas por los sensores se convierten a un formato digital y se transmiten a la Tierra. Los datos del LANDSAT se comercializan bien en forma de productos fotográficos o bien en forma de imágenes digitales grabadas en cintas magnéticas compatibles con la computadora.

Características de los datos de teledetección

El conjunto de los datos adquiridos mediante procedimientos de Teledetección de aviones o naves espaciales comprenden siempre tres tipos de información (Goillot, 1976): 1) una información espacial que representa la organización en el espacio físico de los elementos que constituyen la imagen, 2) una información espectral que caracteriza y puede conducir al conocimiento de la naturaleza de la superficie terrestre, 3) Una información temporal que permite la detección de los cambios operados en la superficie de la Tierra con el transcurso del tiempo.

Además, los sensores remotos, especialmente los radiómetros de barrido multiespectral de la serie de satélites LANDSAT, realizan una percepción muy particular del Medio Ambiente y del paisaje que se caracteriza porque existe una homogeneización de la imagen que es función del nivel de resolución de los sensores o captores. La información elemental o pixel (contracción de "picture element") tenía, a principios de la década de los 80, en el satélite LANDSAT unas dimensiones sobre el terreno de 56 m. x 79 m.

Estas unidades informativas se disponen en la superficie terrestre a modo de malla geométrica con una cierta inclinación respecto a meridianos y paralelos pareciéndose en cierto modo a la malla UTM o LAMBERT. La malla del LANDSAT no tiene ninguna relación con los límites geográficos de los objetos situados en la superficie terrestre.

En estas condiciones, lo más normal es que un pixel tenga una naturaleza heterogénea, pudiendo englobar en el caso de una zona urbana a una manzana de casas, un jardín y una autopista. Las diferencias locales se diluirán en la respuesta promedio y este efecto crea una ilusión sobre la existencia de zonas de transición y zonas de contacto gradual entre distintas unidades de paisaje. Este efecto no se manifiesta cuando existe un contraste brusco entre dos usos del suelo contiguos, por ejemplo, un movimiento de tierras reciente en el interior de un bosque cerrado. La existencia de un contraste brusco puede permitir observar en una imagen objetos cuyas dimensiones sean inferiores a las de un pixel.

En definitiva, los datos adquiridos a través de Teledetección se caracterizan por las siguientes propiedades (Tricart, 1979): 1) posibilidad de obtener información sobre aspectos del medio natural que escapen totalmente a nuestros sentidos (ondas de radar, infrarrojo de LANDSAT, etc.) La experiencia "natural" del hombre es, por lo tanto, nula en estos dominios espectrales y por esta razón se realizan "visualizaciones" que tienen una función y utilidad análogas a las fotografías aéreas y que se denominan imágenes para evitar la confusión. 2) Estas informaciones que son registradas por los sensores y que miden la cantidad de energía reflejada o emitida por los objetos naturales que componen el paisaje son de tipo numérico y se prestan al tratamiento matemático. Por otro lado, su extremada abundancia obliga al empleo de grandes computadoras y métodos de tratamiento de datos muy sofisticados y potentes. 3) Los datos extraídos de los servicios de Teledetección nos revelan ciertos aspectos de los ecosistemas difíciles de estudiar, prácticamente desconocidos, contribuyendo de una forma eficaz al conocimiento de los mismos y de su funcionamiento (detección de enfermedades en las plantas, efectos del stress debido a la falta de agua, transpiración, régimen térmico, etc.). 4) Por último, la Teledetección permite seguir la evolución de las grandes extensiones forestales que persisten en la superficie del globo, tener una visión de conjunto sobre los efectos producidos por las grandes catástrofes (como por ejemplo, las sequías aterradoras de las regiones saharianas de África) y reconocer ciertos fenómenos de polución a gran escala en el clima y en el mar.

Resolución espacial de los satélites de protección medioambiental

En la década de los años 70, la mayoría de las imágenes de satélites empleados en el estudio de los fenómenos terrestres pertenecían a la serie LANDSAT. Muchos científicos han realizado aplicaciones empleando dichas imágenes, sobre todo en los Estados Unidos, pero también muchos otros se dieron un compás de espera debido a la baja resolución espacial de dichas imágenes con respecto a la fotografía aérea convencional. La mayoría de los satélites de recursos naturales que se han diseñado y construido para ser lanzados al espacio en la década de los 80, han proporcionado imágenes con mejoras sustanciales en la resolución espacial con respecto a los satélites pioneros.

La necesidad de disponer de imágenes con mejor definición espacial quedó parcialmente satisfecha con el lanzamiento en 1982 del LANDSAT D y por el satélite SPOT (Sistema Probatorio de Observación de la Tierra) que fue puesto en órbita en 1984. Además, el lanzador COLUMBIA, dispuso de cámaras métricas con resoluciones inferiores a los 10 metros.

Estos avances en la tecnología de los sensores remotos permitían predecir a Allan que hacia mediados de los años 80 la mapificación de las grandes áreas a partir de las imágenes satelitales estaría muy extendida (Allan, 1977). En un principio, las imágenes se construían por medio del movimiento de un espejo situado transversalmente a la órbita del satélite. La imagen final estaba constituida por una matriz de elementos de imágenes o píxeles. Este método se empleó en el sistema multiespectral scanner MSS de los satélites LANDSAT 1,2 y 3 y se empleó en el mapeado temático del LANDSAT D. En los radiómetros de barrido —"pushbroom radiometers"— no es necesario el espejo oscilante antes mencionado pues un "chip" monolítico de silicona posee cientos o miles de detectores en línea con amplificadores y circuitos electrónicos multiplexados (Thompson, 1979).

Estos detectores hacen un muestreo electrónicamente, de tal forma que un vector que contiene toda una línea de la imagen, se registra al mismo tiempo que el satélite avanza a lo largo de la órbita un elemento de resolución. Las carreteras y ríos de anchura inferior a 79 metros son frecuentemente detectables en las imágenes LANDSAT. La alineación de los objetos es también muy importante y la eficacia en la detección depende mucho de que el eje central del objeto se encuentre en la mitad de una línea de barrido o en la frontera entre dos líneas de barrido. En el segundo caso, la detección es más difícil.

Mientras hay objetos inferiores a 79 metros que se pueden detectar, muchos objetos de tamaño igual o mayor no son detectables. En las imágenes LANDSAT se ha mostrado que los objetos de bajo contraste sólo son detectables si tienen una longitud superior a 250 metros. Una consecuencia obvia de todo esto es que la habilidad del sensor para detectar objetos depende del contraste con los alrededores y está en relación con la sensibilidad que posea el captor para detectar pequeñas diferencias. El tamaño mínimo de los objetos que son detectables en una imagen también está en función de las condiciones atmosféricas locales (González y Cuevas, 1982).

Finalmente, para que la utilidad de los satélites sea mejor entendida y los futuros sistemas se diseñen de una manera más eficiente, Townshend indicaba que sería necesario investigar dos áreas principales (Townshend, 1981): 1) elaboración de medidas de resolución que reflejen mejor la cantidad y calidad de la información que puede extraerse de los datos, 2) desarrollo de índices que midan las propiedades

espaciales de los atributos (vegetación, geología, etc.) en el terreno.

Métodos de tratamiento para la extracción de información de los datos de teledetección

El lanzamiento del satélite LANDSAT 1 en 1972 comenzó una nueva era para los estudios de medio ambiente, proporcionando datos de alta calidad que se pueden obtener a intervalos frecuentes sobre cualquier zona de la superficie terrestre. Sin embargo, la capacidad de obtener información desde los satélites es mayor que la capacidad de la que hasta hace poco tiempo se tenía para analizar e interpretar los datos de una forma totalmente eficaz.

En los albores iniciales del programa LANDSAT, se estableció una especie de diálogo de sordos entre los promotores de la Teledetección (que a menudo tenían una formación en ingeniería técnica o superior, en física o en informática) y los usuarios potenciales (geólogos, geógrafos, agrónomos, forestales, hidrólogos, etc.) debido a que los primeros interpretaban las imágenes de forma demasiado ingenua, según la opinión de los usuarios, que a su vez hacían gala de gran escepticismo, alimentado por una cierta inercia de cara a su necesario reciclaje. De una forma progresiva estas barreras tienden a desaparecer y así, cada vez más, gentes de formación académica muy diferente tienden a las colaboraciones mutuas y al intercambio de informaciones.

Además, en Teledetección, existe muy a menudo una interacción grande entre las técnicas y las aplicaciones, debido a que estas últimas permiten frecuentemente replantearse los métodos empleados. Las técnicas de tratamiento de datos en Teledetección, tienen como objetivo esencial ayudar al investigador en la interpretación de los datos procedentes de sensores remotos.

La interacción hombre-máquina

Desde hace más de una década, los esfuerzos realizados para extraer información a partir de sensores remotos multiespectrales van dando progresivamente resultados. Dichos esfuerzos se han centrado esencialmente en la aplicación de las técnicas de reconocimiento automático de patrones a las medidas de multiespectro que caracterizan a los elementos de resolución. Generalmente, las escenas son clasificadas pixel a pixel basándose en los vectores de medidas espectrales que están asociados a los elementos que componen la imagen, empleando para este proceso ordenadores y programas desarrollados al efecto.

Los sistemas completamente automáticos de tratamiento de imágenes digitales no han proporcionado resultados del todo satisfactorios en las aplicaciones relativas a la mapificación de usos del suelo. La perfección del ojo humano es muy grande y el papel que ha de desarrollar el analista como

fotointérprete es esencial, tanto en la interpretación de las imágenes fotográficas como en el proceso automático de las imágenes digitales. Por ello, cada vez más, los sistemas de tratamiento se diseñan de tal forma que intervengan más activamente en el proceso especialistas de las ciencias medioambientales.

El papel del especialista consiste en incorporar al sistema su conocimiento del medio ambiente, particularmente las peculiaridades regionales de las imágenes en cuestión, localizando en el espacio los distintos tipos de cubierta u otros fenómenos que están acordes con las relaciones ecológicas y/o antropógenas que se manifiestan en las imágenes. Los progresos que preferentemente se han llevado a cabo en la cuestión del tratamiento numérico, consisten en la puesta a punto de dispositivos de visualización que permiten un diálogo permanente del investigador con el ordenador, pudiendo escoger aquel los tratamientos numéricos adecuados y una vez aplicados, controlar los resultados, apreciando la concordancia existente entre dichos resultados y sus conocimientos (Tricart, 1979).

Clasificación automática de los datos de teledetección

La clasificación automática de los datos digitales de Teledetección, es una gran ayuda para el investigador en la interpretación de imágenes multispectrales. El objetivo de toda clasificación es el reconocimiento de clases o grupos, cuyos miembros tengan ciertas características en común. El resultado ideal sería la obtención de clases mutuamente excluyentes y exhaustivas. En Teledetección, las clases obtenidas cuando se realiza una clasificación, deben ser espectralmente diferentes unas de otras y además deben contener un valor informativo de interés para la investigación de que se trate.

Tradicionalmente se han seguido dos enfoques en la realización de las clasificaciones: uno de tipo supervisado y otro de tipo no supervisado. El enfoque de tipo supervisado, supone un entrenamiento de clasificador a través de un conocimiento *a priori* de la verdad, terreno que se ha seleccionado como representativa de las clases informacionales que se quieran reconocer en la imagen.

El enfoque no supervisado, no precisa el conocimiento previo de una verdad terreno y tiene la pretensión de segmentar la imagen en una serie de clases por procedimientos exclusivamente numéricos, basándose sólo en la estructura que posean los datos espectrales. En las clasificaciones supervisadas, normalmente se parte de la hipótesis de que la distribución de los datos espectrales es normal multivariante, lo que permite la utilización de procedimientos paramétricos, tales como los clasificadores bayesianos.

Ahora bien, suele ocurrir que los datos espectrales no se ajustan bien a la distribución multinormal,

pudiendo ser arriesgado realizar la hipótesis anterior. Maynard y Strahler (1981) propusieron el clasificador LOGIT, un clasificador no paramétrico. En una simulación realizada con ordenador generando datos no normales, el clasificador Logit fue significativamente superior al bayesiano, mejorando la exactitud en un 34 %. Cuando se utilizó dicho procedimiento en una zona agrícola, y con datos LANDSAT reales, el incremento de precisión experimentado fue del 39%.

Los mayores problemas que subyacen a las clasificaciones de tipo supervisado son: a) validez de las clases espectrales, construidas en la fase de entrenamiento de los clasificadores, para representar a las clases informacionales que se quieren reconocer; b) elevado costo (desde el punto de vista del tiempo de cálculo) que puede suponer la realización de tales clasificadores. Una forma eficaz de reducir el costo de las clasificaciones consiste en el empleo de las tablas de clasificación. Estas tablas están basadas en la alta correlación que presentan las cuatro bandas del radiómetro del LANDSAT, lo que reduce el número de combinaciones espectrales distintas que se pueden presentar en la imagen. De esta forma, normalmente en una imagen LANDSAT, sólo se presentan varios miles de combinaciones de las aproximadamente 16 millones de combinaciones espectrales posibles; c) la fiabilidad de las clasificaciones realizadas mediante este procedimiento, suele tener el mismo orden de magnitud que la obtenida mediante los métodos convencionales, pero el tiempo de cálculo es sensiblemente inferior.

Técnicas de mejora de las clasificaciones de datos en teledetección

La modesta y limitada precisión que se obtuvo desde un punto de vista estrictamente estadístico, en la realización de clasificaciones convencionales de una sola imagen LANDSAT, fue un estímulo esencial en los investigadores para la realización de estudios multitemporales y análisis que tomaran en cuenta el contexto o información espacial de la imagen, además de la información espectral que es la característica.

Estudios multitemporales

El objetivo principal de los estudios multitemporales es encontrar una forma de combinar o integrar en el proceso varias imágenes correspondientes a diferentes fechas, con distintos estados fenológicos en la vegetación, de cara a la obtención de un incremento en la precisión de las clasificaciones. La integración de imágenes de satélite relativas a una misma área pero de fechas sucesivas, se realiza a través de un procedimiento de registro multitemporal de las imágenes. Este proceso consiste, en líneas generales, en obtener la posición de una imagen con respecto a otra que proporciona la máxima correlación en el espacio de los datos radiométricos. El resultado final que se obtiene es una sola imagen, que posee tantos canales espectrales como bandas, que suman las imágenes procesadas.

En los estudios multitemporales se pueden emplear diversas metodologías pero conviene tener en cuenta algunas consideraciones: a) La intersección de clasificaciones de imágenes pertenecientes a distintas fechas reduce generalmente las clasificaciones erróneas, en el sentido de que un elemento que no posea cierta cualidad sea clasificado como poseedor de ella, pero también aumenta los errores en el sentido de que un individuo que tiene dicha cualidad se clasifique como que no la posee. B) La superposición o integración de las imágenes previamente a la clasificación reduce generalmente los errores de clasificación en ambos sentidos. C) El producto de las probabilidades de clasificación por separado en ambas imágenes generalmente proporciona mejores resultados que el método anterior, estando además mejor adaptado a la metodología de clasificación supervisada, pues permite mayor libertad en la elección de las áreas de entrenamiento en cada una de las imágenes por separado.

Expondremos algún ejemplo que ayude a la explicación de todo lo anterior. Así, Megier (1977) ensayó los procedimientos anteriores en un problema referente al inventario de choperas en el valle del río Po y consiguió mejorar la ratio: el número de píxeles de chopo en la realidad fue de 0.94 (estudio unitemporal) a 0.96 (estudio multitemporal).

Clasificaciones de contexto

Las imágenes de Teledetección, se pueden considerar como un proceso aleatorio en dos dimensiones y las características de este proceso se pueden incorporar a la estrategia de clasificación. Mientras los datos espectrales se han empleado en la mayoría de las aplicaciones de LANDSAT, algunos investigadores han fijado su atención en el contexto espacial de los mismos.

Una de las razones por la que en los inicios de la investigación de cuestiones medioambientales, no se tomó con la debida consideración la información espacial, estuvo en que los datos espectrales pueden analizarse fácilmente pixel a pixel, mientras el empleo de la información del contexto ecológico requiere la consideración de varios o muchos píxeles para obtener una estructura espacial significativa.

El análisis espacial de los datos, es más difícil que el análisis espectral, pues requiere el conocimiento de complejas técnicas matemáticas para poner de manifiesto la estructura de los datos. La denominación de "clasificadores de contexto", alude a aquellas técnicas de clasificación que tienen en cuenta las características ecológicas y espectrales de las imágenes de Teledetección con el objetivo de obtener resultados más precisos.

Las características espaciales incluyen factores tales como la forma, la textura y las relaciones

estructurales. Una manera de incorporar la información espacial puede consistir en la hipótesis de que el tipo de cubierta asociado a un pixel determinado no es independiente del tipo de cubierta que presentan los píxeles vecinos.

Por ejemplo, determinados tipos de cubierta del suelo aparecen con mayor frecuencia en un contexto dado. *A priori*, es fácil aceptar que una parcela de trigo es más probable que esté al lado de una de cebada, que contiguamente a una zona urbana de alta densidad. Desde el punto de vista de la clasificación estadística, existirán más posibilidades de clasificación correcta de un pixel si, además de la información espectral asociada al mismo, se tiene en cuenta sus relaciones con las medidas de reflectancia y/o las clases asignadas a los píxeles de su vecindad.

Swain (1979) realizó experiencias usando clasificadores de contexto y obtuvo los siguientes resultados: empleando un conjunto de 50 x 50 píxeles situados en una zona agraria de Williston (Norte de Dakota), con una resolución espectral y espacial semejante a la del Thematic Mapper del LANDSAT D, obtuvieron porcentajes de clasificación correcta que oscilan entre el 82,5 (en el caso del clasificador convencional) y el 96(en el caso del clasificador de contexto).

Con el empleo de un conjunto de datos relativos a una zona urbana en Grand Rapids (Michigan), obtenidos de una imagen LANDSAT, los resultados de clasificación correcta variaron entre el 54% (clasificador convencional) y el 96% (clasificador de contexto). Cuando se realizó un experimento en una situación real sobre un área extensa de Grand Rapids, en el que se emplearon muestras para comprobar el porcentaje de clasificación correcta, el uso de información espacial mejoró este porcentaje del 81.6 % al 84.6%.

Por último, reseñar que el tiempo de cálculo en el empleo de los clasificadores de contexto puede ser sensiblemente superior que en el caso de los clasificadores convencionales, sobre todo si se emplean imágenes de alta resolución espacial.

Integración de información de teledetección en bases de datos medioambientales

La amplia gama de sistemas de Teledetección existentes (películas sensibles, radiómetros, radares, etc.) y las diversas plataformas desde donde actúan (globos, aviones, satélites, etc.), constituyen un avanzado sistema, integrado de informaciones de gran apoyo logístico y científico para el estudio del medio natural en diferentes niveles, tales como usos del suelo, costas, bosques, recursos acuáticos, cuestiones biofísicas, paisaje, calidad de los distintos nichos ecológicos animales y humanos, impacto de grandes obras públicas, catástrofes naturales, etc.

El conjunto de los datos obtenidos vía Teledetección tienen una naturaleza geográfica, física y radiométrica y, en consecuencia, distinta de las informaciones recogidas por los métodos convencionales. La información de Teledetección es repetitiva, global y sintética pues toma en consideración de forma simultánea un elevado número de variables relativas al medio ambiente.

Cada administración, ya sea local, regional autónoma o estatal, recoge informaciones sobre el medio ambiente y realiza un archivado y almacenaje en bancos de datos geográficos, a menudo incompatibles unos con otros. La Teledetección, que debe apoyarse en datos complementarios de verdad terreno para la producción de informaciones válidas, tiene pocas posibilidades para desarrollarse normalmente si este contexto no cambia.

Para solventar estas trabas, es básico que los datos relativos al medio ambiente puedan circular con fluidez de una institución a otra, esencialmente a través de las avanzadas tecnologías electrónicas e informáticas. La Teledetección completa los sistemas de información tradicionales y además permite la posibilidad de incluir los límites administrativos convencionales o geográficos en los resultados derivados de su análisis e interpretación. De esta forma, se puede disponer de documentos adaptados a las necesidades de los planificadores y gestores de los recursos naturales.

Como es lógico deducir, para que esta herramienta de recolección de datos relativa al medio ambiente sea tan eficiente como su potencial deja entrever es necesario la transferencia y la integración de los métodos tradicionales de gestión de las informaciones medioambientales en los sistemas de información ya existentes. Este proceso es necesario para la actualización conveniente de los inventarios de recursos naturales y para llevar una contabilidad adecuada en términos físicos, detectando los cambios que se vayan produciendo en el transcurso del tiempo sobre el recurso en cuestión.

Un sistema integrado de información geográfica debe estar complementado en una computadora (generalmente de gran capacidad de almacenamiento en disco) y debe poseer un soporte lógico (software) suficiente que le permita almacenar, manipular y recuperar la información localizada geográficamente. Los sensores son una fuente muy importante para los sistemas de información geográfica y éstos a su vez proporcionan un uso y diseminación de aquellos más eficiente.

Los modelos de paisaje

La denominación de "modelos de paisaje" se refiere a la integración de los datos de sensores remotos en un sistema de información geográfico. Esta combinación sinérgica produce un banco de datos

multivariantes y multitemporales, que posibilitan una configuración matemática del paisaje de la misma forma que un modelo en tres dimensiones del terreno se representa por un mapa topográfico.

El uso de una base de datos geográficos puede mejorar los resultados de las clasificaciones automáticas realizadas con datos de Teledetección, al incorporarse a modo de nuevas variables espectrales. De forma recíproca, la utilización de datos espectrales puede proporcionar ventajas en aquellos problemas referentes a la mapificación de tipos de cubierta del suelo y en los modelos de planificación física del territorio.

Se han desarrollado técnicas de proceso automático que combinan los datos LANDSAT con información de tipo geográfico —altitud, pendiente, exposición, insolación, etc. Con el objetivo, por ejemplo, de obtener mapificaciones más precisas de las especies forestales en áreas de montaña. En un trabajo minucioso realizado por Fleming y Hoffer (1979), sobre una región abrupta de las Montañas Rocosas en Estados Unidos con el objetivo de estudiar los tipos de cubierta forestal se llegó a las siguientes conclusiones: 1) la elaboración de un modelo de distribución topográfica de las especies, proporciona una descripción cuantitativa estadísticamente significativa. Además, este modelo proporciona una descripción espectral más detallada de los tipos de vegetación, porque considera la variabilidad de las condiciones ecológicas. Esta técnica permite la reducción notable de los tiempos de cálculo precisos para el entrenamiento de los clasificadores. 2) el uso de datos geográficos conjuntamente con datos espectrales, mejora significativamente el porcentaje de clasificación correcta de las clases de cubierta forestal, con respecto a los resultados obtenidos usando exclusivamente los datos espectrales.

El empleo de la altitud conjuntamente con los datos espectrales, proporciona una mejora en la precisión de los clasificadores del 15% aproximadamente. Los datos de sensores remotos, procedentes de satélites espaciales, son una fuente importante de información para la gestión y toma de decisiones dentro del sector agrícola y forestal, como lo son las fotografías aéreas. Es esencial prestar mucho más atención a las técnicas de Teledetección, que se manifiestan útiles y eficaces para la gestión forestal en el ámbito geográfico local, dado que las decisiones locales pueden ser más importantes que los resultados de una planificación genérica a pequeña escala realizada más en términos burocráticos.

La evolución experimentada por la teledetección, desde las plataformas aéreas hasta los satélites espaciales, es un paso muy significativo respecto a la creación de una base de datos de recursos terrestres más completa que la existente hoy en día. Para conseguir este objetivo, es imprescindible resolver muchos problemas relativos a la continuidad en la adquisición de los datos, su oportunidad y

adaptación a las necesidades actuales, costo, etc.

Aplicaciones operacionales de la teledetección

El amplio conjunto de imágenes, obtenidas desde plataformas aéreas y espaciales permiten la obtención de informaciones acerca de las circunstancias ecológicas y socioeconómicas de la superficie terrestre. Esta información, debe ser correctamente localizada geográficamente (información normalmente ausente en las imágenes de Teledetección) y además es necesario tomar en consideración una cierta información temática complementaria. Los sensores remotos proporcionan imágenes con una distorsión espacial despreciable que se pueden emplear para estudiar y comparar áreas siempre que la resolución del satélite permita la identificación del fenómeno temático en cuestión.

Atendiendo a los datos aportados por Allan (1977), la Teledetección a partir de las imágenes de satélite no tiene restricciones en las zonas mediterráneas desde el punto de vista de la resolución, del medio ambiente y del costo, para la mapificación de grandes áreas en escalas comprendidas entre 1/100 000 y 1/250 000, debido esencialmente a que se trata de áreas libres de nubes durante muchos días al año. En esta zona del Mediterráneo, Van Genderen y Lock (1967) han realizado clasificaciones de usos de la tierra, basado en imágenes LANDSAT en el sudeste de España (Murcia). Cole (1974) analizó los problemas que planteaba la resolución de los sensores en áreas del oeste de España, como la región de Extremadura.

Los datos que los sensores remotos proporcionan, son especialmente necesarios en aquellas partes del mundo, donde el inventario y seguimiento de los cultivos y la vegetación natural, es inadecuado para una planificación racional de los usos de la tierra y los recursos naturales. Aunque las aplicaciones más apropiadas de los satélites, parece ser que deben localizarse en los países semiáridos en vías de desarrollo, los estudios más profundos y completos relativos a este tipo de imágenes, se han desarrollado en los Estados Unidos en aplicaciones referentes a problemas agrarios, forestales y de usos de la tierra cultivable y no cultivable.

Proyecto LACIE

Uno de los primeros proyectos de carácter internacional, de más reconocido prestigio y profundamente elaborado que se ha desarrollado hasta la fecha es el proyecto norteamericano LACIE (Large Area Crop Inventory Experiment), cuya meta consistía en la evaluación de la producción anual de trigo en los Estados Unidos, la desaparecida Unión Soviética, Sudamérica e India, sobre la base de la información adquirida a través del LANDSAT. En lo concerniente a los Estados Unidos, se obtuvieron estimaciones

de la producción de trigo con un 90% de precisión respecto a los métodos de estimación convencional. En la ex Unión Soviética los resultados no pudieron contrastarse y en la India la abundante fragmentación de los cultivos en parcelas impidió la realización de estimaciones estadísticas fiables.

Sistema EDITOR

Desde 1975 el E.S.C.S. (Economics Statistics and Cooperatives Service) del USDA (U.S. Department of Agriculture) realiza trabajos de estimación en las zonas cultivadas empleando el sistema informático EDITOR. Este sistema usa datos de los satélites LANDSAT 2 y LANDSAT 3 junto con información procedente de encuestas realizadas por entrevistadores del USDA en ciertas zonas de muestreo. El método estadístico utilizado se basa en un estimador de regresión, en lugar de usar un estimador de expansión directa como se hace en las estadísticas convencionales. Las estimaciones se han realizado en el ámbito de estado, de distrito de análisis (conjunto de condados) y de condado.

En el estudio de estado y de distrito, las estimaciones realizadas usando datos LANDSAT y encuestas de forma combinada son bastante más precisas que las estimaciones convencionales realizadas por expansión directa a partir de los datos de las encuestas (se han llegado a conseguir estimaciones trece veces más exactas). Los Estados analizados a partir del sistema EDITOR han sido: a) Illinois (maíz y soja); b) Kansas (trigo); c) Iowa (maíz y soja) y d) Arizona (algodón y alfalfa).

Programa AGRISTARS

Dentro de los programas de investigación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, ha destacado el denominado AGRISTARS (Agriculture and Resource Inventory Surveys Aerospace Remote Sensing) diseñado para la evaluación y valoración de las aplicaciones de la tecnología aeroespacial en los campos agrícola y forestal. Los objetivos concretos de AGRISTARS incluyen el desarrollo, comprobación y evaluación de los procedimientos necesarios para la adopción de la tecnología espacial de sensores remotos de cara a: a) mejora de la capacidad del USDA para la obtención rápida de una información eficaz sobre los cambios producidos en las condiciones de cultivos. b) disponer de predicciones más objetivas y exactas sobre la producción de los grandes cultivos. C) mejorar el inventario y valoración de los recursos naturales. D) valoración del coste de viabilidad y oportunidad de integrar los datos de Teledetección en las bases de datos existentes.

Para conseguir los objetivos propuestos por AGRISTARS se han definido proyectos específicos cuya misión es mejorar la información del USDA sobre las siguientes cuestiones: 1) valoración rápida de cosechas. 2) pronósticos sobre la producción de los cultivos en el extranjero. 3) desarrollo de modelos de rendimiento de cultivos. 4) cultivos autóctonos. 5) contenido en humedad del suelo. 6) inventario de

recursos naturales. 7) conservación del medio ambiente y contaminación. 8) investigación de apoyo.

Principales aplicaciones forestales de la teledetección

La Teledetección, a partir de los sistemas de satélites de recursos naturales, desempeña un papel primordial en lo que se refiere a la protección y gestión racional de los recursos naturales del planeta. En el campo de aplicación del ámbito forestal, es preciso una optimización de la gestión económica y una minimización de los riesgos ecológicos debidos a sus características especiales: a) formación múltiple de los montes. B) crecimientos lentos y períodos largos para su beneficio. C) áreas de gran extensión. D) equilibrio ecológico amenazado.

Pero, dicha optimización requiere periódicamente una revisión de la planificación, y en consecuencia, una actualización de todos los factores que entran en juego en el proceso de planificación (distribución de los tipos de bosque, estado sanitario, red de acceso, etc.). Los datos de Teledetección, y en mayor medida, las fotografías aéreas son una de las mayores fuentes de información en el proceso anteriormente descrito. Las principales aplicaciones forestales de la Teledetección se pueden encuadrar en las siguientes áreas: 1) cartografía de los tipos de cubierta forestal, 2) aplicaciones al inventario forestal, 3) estudio de los incendios forestales y 4) patología forestal.

Cartografía de los tipos de cubierta forestal

Los trabajos empíricos que mejores resultados han dado en este apartado, se han desarrollado esencialmente en Canadá y en los Estados Unidos. El Centro de Investigaciones Forestales de Lauréntidas (Canadá) ha realizado una cartografía de la vegetación actual en la zona de Québec sobre una extensión superior a 80 000 millas cuadradas en el marco de un inventario biofísico preliminar a futuras ordenaciones hidroeléctricas. Mediante técnicas de clasificación supervisada se han distinguido las siguientes clases de cubierta vegetal: coníferas densas, coníferas claras, landas arboladas, landas abiertas, frondosas, masas mezcladas y turberas. La cartografía, obtenida fue relativamente precisa y bastante comparable con los mapas temáticos existentes sobre la zona, excepto en el caso de las masas mezcladas donde la precisión disminuía de forma considerable. Heller (1975) llegó a la conclusión que los datos del LANDSAT podían servir como fuente de datos en un primer nivel de información, en el caso de inventarios polietápicos de bosques y praderas. Aldrich (1993) señalaba que las tierras forestales pueden separarse de las no forestales y las superficies de agua con una precisión del 95%, y los bosques y praderas son separables en el ámbito regional en un rango que oscila entre el 92% y el 99% de los casos. Las experiencias realizadas en Canadá y en los Estados Unidos, demuestran que los datos del LANDSAT diferencian bien los terrenos forestales de los no forestales, pero existen dificultades

respecto a la distinción entre coníferas y frondosas, aunque también debe especificarse que la mayoría de los resultados negativos se han dado en experiencias que no usaban imágenes diacrónicas.

Con dos o tres pasadas del satélite, se puede llegar a la definición del perfil estacional de las cubiertas vegetales desde un punto de vista espectral y luego extrapolar los resultados obtenidos al conjunto de toda la imagen empleando una serie de muestras de estudio.

De una forma general, se puede decir que la precisión en las clasificaciones de los tipos de cubierta se mejora cuando se combinan dos o más imágenes LANDSAT pertenecientes a distintas fechas, siendo muy importante la selección de las imágenes en el tiempo. Kalensky (1974) en un estudio realizado en Canadá, empleó doce bandas espectrales (cuatro bandas de cada fecha) y comparó los resultados de dicho estudio con los obtenidos al emplear sólo cuatro bandas. La precisión para las clases agrícola, frondosas y coníferas fue del 83 % en el primer caso y del 68% al 81% en el segundo. Kalensky (1974) realizó otro estudio interesante acerca de la distribución geográfica de los recursos forestales en las más de siete mil islas que comprenden el archipiélago filipino a escala 1/500.000. Los tipos de cubierta forestal que fueron considerados son: cubierta completa de *Dipterocarpa* (Philippine mahoganies), cubierta parcial de *Dipterocarpa*, bosque de mangle, bosque de alta montaña y tierras no forestales (marismas, manglares, cuerpos de agua). Los resultados de este estudio, demostraron que el uso de los datos LANDSAT fueron en un momento la única vía posible, para efectuar un control eficaz de los recursos forestales en zonas de complejidad y extensión de Filipinas.

Dentro del ámbito europeo, el proyecto AGRESTE, patrocinado por Comunidad Económica Europea, investigó la mapificación de bosques naturales de montaña (hayedos y castañares) y se han obtenido precisiones en la clasificación del orden del 60%.

También se investigó la identificación e inventario de masas de abeto de Francia, con resultados parcialmente satisfactorios; y la identificación y clasificación en tipos de masas de choperas en Italia y Francia. El estudio pormenorizado de clases de edad avanzada, parece factible y los resultados mejoraron sensiblemente cuando se realizó un análisis multitemporal. Estas experiencias continuaron posteriormente en Italia por Lapietra y Cellerino (1980).

Finalmente, Riom (1990) realizó trabajos acerca de las masas de pino marítimo de la región de Las Landas francesas y, aunque este tipo de monte ofrece ventajas para ser estudiado mediante técnicas de Teledetección (poco relieve, parcelas grandes separadas por anchos cortafuegos, edad y densidad de la población homogénea en amplios tramos), su monoespecificidad también generó ciertas dificultades a la

hora de discriminar los diferentes estados de la masa de pino marítimo.

Se comprobó que la Teledetección clasifica bien las poblaciones de frondosas y coníferas, detecta las cortas a matarrasa (localización y superficie) y es una técnica que informa sobre la evolución de las claras, permitiendo una vigilancia anual y a bajo costo, lo que presenta un gran interés para la gestión forestal en el ámbito regional.

Respecto a la clasificación de las poblaciones en tres o cuatro clases de edad pueden presentarse dificultades. En el caso de Las Landas, donde las masas son relativamente claras, es difícil de realizar, pues existen perturbaciones espectrales ocasionadas por las labores culturales.

Teledetección y los inventarios forestales

En la estimación de volúmenes de madera, las imágenes LANDSAT tienen menos que ofrecer y su principal contribución consiste en permitir realizar una buena estratificación del monte que será muestreado posteriormente por otros métodos. Así, productos fotográficos de buena calidad obtenidos electrónicamente a partir de imágenes digitales LANDSAT se pueden emplear de forma conjunta con productos fotográficos convencionales en la realización de dicha estratificación.

Hacia 1974 el Ontario Center for Remote Sensing realizó un estudio para estimar el volumen de madera en una zona de 32 Km de radio alrededor de la ciudad de Attawa Piskat, situada en la región de la Bahía de Hudson. Para realizar este estudio se emplearon fotografías aéreas a escala 1/24 000 que cubrían un 35% del área total de estudio e imágenes LANDSAT de toda la zona. En esta área de Canadá las condiciones de topografía, hidrología, clima y vegetación son muy homogéneas y esta circunstancia permitió extrapolar la información recogida de las fotografías aéreas al resto de la zona.

La baja resolución de las imágenes LANDSAT sólo permitía realizar una clasificación de los principales tipos de vegetación, pero la combinación de los datos LANDSAT con la información extraída de las fotografías aéreas permitió la realización de estimaciones del volumen de madera.

La distribución y extensión de la cubierta forestal, se determinó a partir de las imágenes LANDSAT empleando un analizador de imágenes VP-8, y los valores promedio de existencias maderables en m/ha para el área forestal se determinaron interpretando las fotografías aéreas y empleando tablas de cubicación. El volumen total de madera se obtuvo multiplicando las cantidades anteriormente citadas. Esta metodología, puede darnos estimaciones de los volúmenes de madera, rápidos, económicos y

suficientemente precisos en aquellas zonas forestales donde apenas existen fotografías aéreas a gran escala.

Estudio de incendios forestales mediante teledetección

Una de las aplicaciones más operativas en materia de Teledetección forestal, es la relativa a los incendios forestales. La aplicación de la técnica de componentes principales sirvió para la localización de las especies forestales más susceptibles de ser afectadas por los incendios, lo que puede permitir la realización de una vigilancia más intensa de las zonas más peligrosas. Desde 1977, la O.P.I.T. (Comisión Interministerial Francesa para el desarrollo de la Teledetección) tiene un programa de estudio sobre Teledetección e incendios forestales, cuyo objetivo es la evaluación de las posibilidades que ofrecen las imágenes LANDSAT para una mejor comprensión de los incendios forestales en la región mediterránea, así como la comparación de estos datos con las informaciones adquiridas a través de métodos más convencionales (Husson, 1980).

La evaluación de las superficies incendiadas es una operación difícil. Generalmente, estos trabajos son realizados por los métodos convencionales —partes de incendio— que conducen a una sobreestimación de las superficies más o menos importantes; así el incendio de Aspres, el mayor incendio forestal francés de 1976, se estimó en 6 600 ha por la DDA de los Pirineos Orientales y en sólo 4 100 ha mediante Teledetección. Estas diferencias se deben a las modificaciones en el parámetro del fuego, pero esencialmente a que mediante Teledetección sólo se tienen en cuenta las superficies realmente destruidas sin ser consideradas las zonas simplemente recorridas por las llamas.

La resolución espacial de las imágenes LANDSAT es de 0.4 ha, pero para distinguir correctamente un objeto, éste debe cubrir de seis a diez píxeles. En consecuencia, los incendios con una superficie inferior a 3 ó 4 hectáreas generalmente no son apreciables en las imágenes LANDSAT.

La extensión mínima, a partir de la que se pueden realizar evaluaciones de la superficie quemada con una buena precisión, depende del tipo de vegetación afectado, de la antigüedad del incendio, de la topografía y del contraste entre la zona quemada y el medio ambiente circundante. Esta extensión mínima se puede fijar en 10 ha para cualquier incendio forestal. Normalmente, los incendios producidos en montes altos se perciben mejor que los ocurridos en matorrales y zonas arbustivas (garriga y maquis).

Las zonas quemadas, suelen tener una gran heterogeneidad espectral que aumenta con el transcurso del tiempo; por esta razón el satélite sólo permite distinguir bien los incendios ocurridos en el período de un año. Los incendios que afectan a vegetaciones parecidas, tienen signatures espectrales similares, lo que

obliga a reagruparlas en dos grandes categorías: incendios en montes altos e incendios en matorrales leñosos (se ha detectado que los incendios de estos últimos no son perceptibles si la imagen es de una fecha tres o cuatro meses posterior al incendio).

La respuesta espectral de todos los objetos presentes en un píxel, influye en la respuesta espectral del mismo. Por ello, un incendio sólo será perceptible cuando el fenómeno "fuego" tenga una respuesta suficientemente fuerte. El fenómeno "fuego" responde esencialmente a la presencia de árboles y matorrales calcinados: por lo tanto, la perceptibilidad del incendio vendrá en función de la densidad de árboles quemados. Los bosques incendiados, suelen aparecer como zonas de sombra, debido a que los troncos quemados absorben el infrarrojo, por lo que el contraste entre bosques incendiados y no incendiados está muy marcado en la zona del infrarrojo.

En el estudio de los incendios forestales, la fecha ideal para elegir la imagen LANDSAT parece ser finales de septiembre o comienzos de octubre, pues es cuando suele acabar la temporada de los grandes incendios forestales. Por último, destacar que los datos LANDSAT también se han venido empleando respecto a los incendios forestales bajo una perspectiva muy diferente: la de contribuir al establecimiento de cartografías de tipos de combustible, integradas en modelos matemáticos de previsión de la conducta del fuego. Un proyecto de este tipo fue realizado en el Lolo National Forest de Montana (Estados Unidos) por Shasby aportando unos resultados satisfactorios (Shasby, 1981).

La cartografía de tipos de combustible se llevó a cabo a través de un proceso clasificatorio bietápico. En la primera clasificación se usaron sólo datos LANDSAT para la obtención de clases espectrales, que son posteriormente clasificadas independientemente en clases de combustible a través de una selección de variables fisiográficas. Este proyecto es un buen ejemplo de la integración de bases de datos LANDSAT y geográficos.

Aplicaciones forestales de la teledetección en España

La aplicación a cuestiones forestales de las imágenes de satélites y en concreto del LANDSAT fueron muy reducidas en España hasta mediados de la década de los 80. Era entonces necesaria la realización de trabajos pilotos, que permitiesen apreciar las posibilidades y limitaciones concretas de las imágenes LANDSAT en la variada geografía forestal española, y conocer a qué problemas concretos nos enfrentaríamos en el futuro inmediato (falta de resolución, relieve acentuado, etc.)

Se estimó que el uso de imágenes vía satélite en el ámbito forestal debía generalizarse. No debía

pensarse sólo en proyectos específicos y de alta complejidad, sino que progresivamente la información ofrecida por los satélites debía incorporarse, bajo formas más o menos elaboradas, al conjunto de datos disponibles por el gestor de un área determinada, al igual que ocurrió con la fotografía aérea convencional.

Entre los asuntos concretos en que los datos ofrecidos por los satélites LANDSAT y SPOT podían, no sólo demostrar su utilidad, sino facilitar resultados difícilmente obtenidos por métodos más convencionales se pueden nombrar los siguientes:

- 1) Seguimiento de las masas naturales o de repoblación de especies de crecimiento rápido o semirápido (pino marítimo, pino insignis y eucaliptus en el Norte y Noroeste, eucaliptus en el Suroeste). Estas masas evolucionan muy rápidamente, no sólo en sus existencias sino en las superficies ocupadas. En un período superior a cinco años se puede considerar anticuado un vuelo que cubra estas áreas; por otro lado, su fotointerpretación es difícil, y la cartografía resultante deficiente debido al pequeño tamaño de las parcelas.
- 2) Seguimiento e inventario de choperas. En otros países, como Italia, se han realizado experiencias que mostraron la utilidad de los datos LANDSAT para distinguir tipos de masa según cada cubierta (edad), siendo buenos los resultados en las masas cercanas a la madurez.
- 3) Evaluación de incendios forestales. Las imágenes de satélites aparecen como insustituibles para el cálculo rápido, económico y fiable de superficies quemadas por su periodicidad y actualidad.
- 4) Estimación y localización de superficies afectadas y daños ocasionados en masas atacadas por la procesionaria u otras plagas y enfermedades.
- 5) Mejora y actualización de la cartografía forestal a media o pequeña escala, con la posibilidad de incorporación de información sobre las formaciones vegetales no arbóreas.

En definitiva, todos aquellos trabajos relativos al medio ambiente natural en zonas donde se producen cambios rápidos y difícilmente controlables, pudiéndose citar proyectos relativos a: estudios de dehesas, mapificación de cubiertas de nieve, evaluación de procesos erosivos, estudios de zonas inundables, mapas de usos actuales de la Tierra, impactos de actividades humanas en el paisaje, etc.

Vigia 2000 por satélite. Sistema de detección inmediata de incendios

En España, la llegada del verano va acompañada de la inexorable y fatal compañía de los incendios forestales, una cruel plaga devastadora que año tras año destruye miles de hectáreas de arbolado, pastos y cultivos, de muy difícil y lenta recuperación. La repercusión de los efectos ambientales en las zonas quemadas es tremendamente negativa, alcanzando algunas veces las fatalidades de estos hechos hasta la pérdida de vidas humanas y materiales.

Existen dos factores básicos en la capacidad de destrucción propia de un incendio forestal que se deben analizar de forma detallada: 1) Los medios humanos y técnicos, en actuación coordinada, empleados en su extinción y la rapidez con que éstos se pongan en marcha y acceden al foco generador del incendio, 2) la rapidez en la detección del incendio de forma que se pueda realizar la intervención en su extinción antes de que haya alcanzado una extensión considerable de terreno.

Todo aquel método, sistema o herramienta que haga posible la mejora de la detección inmediata o la extinción de cualquier incendio tendrá cruciales beneficios ecológicos y de evitación de pérdida de vidas humanas de amplio alcance y eco sociales. La empresa TELEFÓNICA SISTEMA DE SATÉLITES (TSS), perteneciente al grupo TELEFÓNICA DE ESPAÑA, S.A., trabajó e integró un sistema completo de detección inmediata de incendios vía satélite cuyo uso pone a la entera disposición de las instituciones públicas competentes en la materia.

Descripción del sistema VIGIA 2000

La estructura y configuración de este sistema permite la detección inmediata de incendios, en estado conocido como de "conato", de una extensión de 1 a 2 m (en función de la distancia) desde un margen de hasta 20 kilómetros y realiza la transmisión vía satélite en tiempo real de señales de alarmas de presencia de potenciales incendios e imágenes de vídeo de la evolución del suceso. El conjunto de estas alarmas e imágenes, recibidas de forma inmediata en un Centro de Vigilancia y Control de Incendios, permiten la rápida organización de los elementos logísticos imprescindibles para la extinción antes de que el incendio alcance magnitudes insospechadas. Este sistema está basado en la ubicación, en una serie de puntos estratégicos de la zona que se debe vigilar, de un conjunto de unidades de vigilancia compuestas por dos sensores motorizados y una unidad de proceso de señales, y una Estación Terrena VSAT de transmisión por satélite.

En el Centro de Vigilancia y Control de Incendios, se instala una Estación Central de una red VSAT, que va recibiendo las alarmas de todas las unidades de vigilancia y las imágenes de vídeo generadas por

éstas y realiza la entrega a una unidad de presentación sobre cartografía digital y a un conjunto de monitores que presentan de forma gráfica la localización y evolución del incendio.

El Sistema se compone de tres partes en su configuración esencial:

- Unidades de Vigilancia.

Esta parte se compone de una torre de vigilancia giratoria, en la que se integra una cámara sensora de rayos infrarrojos, una cámara de vídeo y un sistema de control de la unidad de vigilancia. La función de la cámara sensora de infrarrojos, se centra en la detección de focos de calor más intensos que un nivel determinado predefinido y la cámara de vídeo se encarga de la filmación permanente de imágenes del foco de calor que la primera ha detectado. La torre de vigilancia realiza continuos giros barriendo un ángulo de 360° en azimut y un ángulo variable en elevación en función de las condiciones orográficas del horizonte. El alcance máximo de detección varía entre 10 y 20 kilómetros para fuegos de una extensión de 1 a 2 m. El tiempo en el que se refresca la información varía entre los 3 y 8 minutos en función del ángulo de elevación y del acimut que se debe supervisar.

Desde el mismo instante en que el sistema de procesamiento de señal, a partir de los datos suministrados por la cámara de infrarrojos, detecta un nivel de calor superior al umbral prefijado en una dirección determinada, envía una alarma al Centro de Control. De forma simultánea, la torre de vigilancia para su giro y la cámara de vídeo empiezan la grabación en la dirección del foco de calor proporcionando al Centro de control de imágenes reales del foco de calor. En el armario batidor, se alojan los equipos de proceso digital de las señales captadas por ambas cámaras, los equipamientos de comunicaciones procesadores del protocolo de la aplicación y los motores que hacen girar las cámaras. Todo este conjunto de elementos se integran de forma organizada y están concebidos para funcionar al aire libre y diseñados para ser alimentados por paneles solares.

- Red VSAT de comunicaciones por satélite

La extendida y útil Red VSAT —Very Small Aperture Terminals— es el medio de comunicación entre las unidades de vigilancia y el Centro de Control. En las unidades denominadas de Vigilancia, se realiza la instalación de una Estación Terrena VSAT (ET VSAT) equipada con una antena elipsoide de 0.95 metros de diámetro equivalente y un transceptor de 1 W. en el foco de la elipse. Dado el bajo consumo de energía de la ET VSAT puede ser alimentada por una red de paneles solares de pequeñas dimensiones. La ET VSAT usada dota al sistema de un canal de comunicaciones vía satélite bidireccional a 19.2 Kbit/s entre las Unidades de Vigilancia y el Centro de Control, con suficiente capacidad para cursar señales de alarma de incendios, imágenes digitalizadas del foco de calor(a 9.6 ó 14.4 Kbit/s) e información de supervisión, control y reconfiguración de los equipos de la Unidad de

Vigilancia.

El satélite empleado es el HISPASAT 1A, que proporciona unos adecuados niveles de potencia y sensibilidad sobre el conjunto del territorio español. En el Centro de Control se encuentra una Estación Central o MiniHub formada por una antena parabólica de 1.8 metros y un transceptor de 1 W que recibe las señales procedentes de las ET VSAT y las entrega, perfectamente identificadas, al Centro de Control. También realiza la transmisión, de forma ordenada e identificada, de las señales del centro de control con destino a las ET VSAT.

Todas las redes VSAT implantadas con estos sistemas son supervisadas y se muestran operativas desde el Centro de Control de Redes por Satélite (CCRS) que TELEFÓNICA SISTEMAS DE SATÉLITE tiene en Madrid, atendido de forma permanente por personal especializado en comunicaciones por satélite. El Servicio de operación y mantenimiento que hace posible la explotación de estas redes se conoce como "MICRONET" y forma parte de la gama de servicios de comunicaciones por satélite de TELEFÓNICA DE ESPAÑA, S.A.

En este Centro de Control permanece la aplicación software que recibe en tiempo real todas las alarmas y las imágenes de vídeo, realiza un procesado y presentación, por un lado en un soporte de cartografía digital que hace posible la localización exacta del foco de calor, y por otra parte, muestra las imágenes de vídeo recibidas en uno o varios monitores, lo que permite distinguir la naturaleza y evolución del incendio y discernir de forma rápida si se trata de un incendio real o de una falsa alarma.

Unidades de vigilancia

Las Unidades de Vigilancia forman esencialmente los elementos remotos de un Sistema de Detección Automática de Incendios mediante imagen infrarroja, complementado con visión normal de la escena de interés.

La Unidad de Vigilancia se divide en 4 subsistemas: 1) subsistema de sensorización. 2) Subsistema de control. 3) Subsistema de comunicación. 4) Subsistema de supervisión y alarmas.

Subsistema de sensorización

La parte principal componente de este subsistema, está constituida por una cámara de TV de imagen infrarroja de alta sensibilidad. Se trata de una cámara de nuevo diseño, totalmente en estado sólido (sensor CCD) y de bajo consumo. Además de la cámara, existe otra de imagen normal de alta

sensibilidad (válida para el día y la noche) también en estado sólido y de bajo consumo. Las dos cámaras están solidariamente fijadas a un eje de giro, que está asociado a un decodificador de posición mediante el que se conoce en cada momento los ángulos de posición de las cámaras o lo que es lo mismo, la dirección del eje óptico de las mismas. El sistema de cámaras, procede a un barrido continuo de un área programada por el operador. Durante este movimiento, digitaliza las imágenes proporcionadas por la cámara de infrarrojos; así buscamos continuamente un foco caliente.

El movimiento de las cámaras será en zig-zag, comenzando por el ángulo superior izquierdo del rectángulo que limita el área de barrido programada y de arriba hacia abajo para terminar en el ángulo inferior derecho; en este punto procederá a la inversa de abajo hacia arriba para acabar en el ángulo superior izquierdo de nuevo. El movimiento será horizontal hacia izquierda y derecha, y vertical en pasos con sentido hacia arriba o abajo según el punto de partida como se ha señalado.

El operador de control, puede pasar a modo manual cuando estime oportuno y en ese momento deja el barrido y queda centrado en la posición que se encontraba cuando recibió la petición.

Subsistema de control

Este subsistema está igualmente ubicado en la Unidad de Vigilancia. Sus funciones básicas son las siguientes: 1) control del movimiento de las cámaras y barrido de un área de detección determinada, 2) Digitalización de la imagen que es ofrecida por cualquiera de las dos cámaras, 3) análisis de la imagen digitalizada de infrarrojos para la detección de focos calientes, 4) transmisión de las imágenes digitalizadas de cualquiera de las cámaras y 5) detección e indicación de alarmas.

Para la realización de todas estas funciones el sistema se comunica mediante una red VSAT a través de la que el operador tendrá la posibilidad de programar los distintos parámetros de control para la ejecución de todas las funciones descritas. A continuación, vamos a repasar de forma más detallada algunas de las funciones, alarmas, parámetros programables así como todos los modos de operación.

Configuración

Desde el mismo instante de la puesta en marcha del sistema, existen una serie de parámetros ligados a la instalación o a la zona de supervisión que hay que introducir como datos (configuración de inicio). Estos son los siguientes:

1) Nivel de umbral de detección.

Corresponde al valor, con el que se realiza la comparación de la lectura de la imagen digitalizada para

detectar un posible foco caliente. Este valor se introduce por teclado.

2) Área de umbral para detección.

Es el área umbral donde se constata la persistencia de un foco caliente para su validación. También se introduce por teclado.

3) Topes de barrido horizontal y vertical.

Para la programación del valor de los topes horizontales y verticales, el operador coloca el cuadro de visión de la cámara en el ángulo superior izquierdo del rectángulo que delimita la zona de barrido; a continuación indica al sistema la memorización de dicha coordenada. Finalmente, se coloca el cuadro de visión de la cámara en el ángulo inferior derecho del rectángulo que acota la zona de barrido, para después de señalar al sistema la memorización de la coordenada.

4) Pase de barrido vertical.

El operador de control introduce por el teclado un valor indicativo del solape de imagen en vertical, que señala al sistema el paso de barrido vertical.

5) Zoom.

El operador ajusta el zoom de la cámara hasta un valor determinado y señala su programación en el sistema; esta posición será la que tomará el zoom de la cámara tras una previa colocación.

6) Foco.

El operador ajusta el foco de la cámara hasta un valor determinado y señala su programación en el sistema; será tomada esta ubicación por el foco de la cámara tras un preposicionamiento

7) Zonas Excluidas.

El operador señala al sistema el número de la zona de exclusión que debemos programar; luego coloca el centro del cuadro de visión de la cámara en el ángulo superior izquierdo del rectángulo que delimita la zona de exclusión.

8) Coordenadas reales.

El operador coloca la cámara en dos puntos cardinales distintos, indicando que tome la información tras cada ubicación.

9) Tablas de distancia.

El sistema contiene unas tablas indicativas de la distancia a cada posible foco caliente susceptible de ser detectado. Una vez localizado, un foco caliente de los parámetros de la alarma que se entrega, será la distancia a ese foco, que se obtendrá a partir de las coordenadas por el sistema.

Monitorización y control

El control local de cada Unidad de Vigilancia, se realiza mediante un programa residente en la CPU de configuración, control y proceso. Esta CPU tiene montada una tarjeta digitalizadora en la que la imagen de vídeo procedente de la cámara IR se digitaliza. Una vez realizada esta operación, la imagen es sometida a un proceso de análisis que determina la posibilidad de que se haya iniciado un incendio.

A la CPU de proceso le llegan los datos de posición de la cámara en simultaneidad con la imagen. La producción de una alarma de incendio actúa sobre una salida del sistema que controla una Estación Terrena de satélite. A continuación pasará a modo manual de operación para que las cámaras de la Unidad de Vigilancia puedan ser gobernadas de forma remota por el Operador Vigilante.

Control del movimiento de cámaras

El Subsistema de Control se encarga también del movimiento automático de la cámara de IR en el margen de variación angular fijado en el procedimiento de configuración (cuando ese procedimiento finaliza el ordenador hace la transferencia de datos de variación angular correspondientes a las zonas de vigilar).

Cuando se produce una alarma de incendio el sistema transfiere los datos de posición correspondientes a la zona donde se ha producido el incendio.

Subsistema de transmisión

Este Subsistema está constituido en las Unidades de Vigilancia por una Estación Terrena VSAT de Comunicaciones por Satélite, de pequeño diámetro (90 cm.) que forma parte de una Red VSAT y que facilita un canal de comunicaciones por satélite con capacidad bidireccional permanente y suficiente para cursar el tráfico que se genera entre cada Unidad de Vigilancia y el Centro de Vigilancia y Control de Incendios, tanto cuando se envían alarmas como cuando se envía señal de video digitalizada.

Subsistema de supervisión y alarma

Cuando se acaba cada barrido este Subsistema comprueba automáticamente el correcto funcionamiento de su cámara de infrarrojos, para ello procede a la generación y detección de un foco caliente externo.

En caso de anomalía dará una alarma de que la cámara de infrarrojos funciona incorrectamente y el sistema pasará a modo manual de operación.

-Detección de foco caliente.

Esta alarma contiene las coordenadas reales (cartográficas) del foco caliente detectado, así como la distancia del mismo, al sistema y procederá a actuar sobre un contador externo con la salida prevista para esta función para posible activación de un transmisor. El sistema guarda la coordenada de la última alarma que ha sido detectada para un posible preposicionamiento posterior sobre esta zona a petición del operador.

-Alarma de generadores.

Se activa si los sistemas generadores de energía no funcionan.

-Alarma de baterías.

Se da un aviso si la tensión de baterías ha bajado de un valor determinado.

Operatividad-alcance-factores limitativos

El Sistema de detección Automática de Incendios forestales VIGIA 2000 por Satélite está desarrollado y fabricado para trabajar de forma continua. Debido a la independencia de las ubicaciones del punto de observación y del Centro de Vigilancia y Control se pueden vigilar las zonas más recónditas. Es importante destacar el bajo consumo de los equipos que componen la Unidad de Vigilancia pudiendo ser alimentados sin ningún problema por paneles solares. Para poder obtener el mayor rendimiento posible de las elevadas prestaciones que nos ofrece el equipo de la Unidad de Vigilancia (por ejemplo a 20 km de distancia puede llegar a la localización de un fuego de 1 m.), es fundamental la correcta ubicación de ésta. Si el punto de vigilancia no se coloca en un lugar adecuado, será la orografía la que nos limite la visión de la extensión de terreno deseada. Así, el punto de observación, normalmente, deberá estar situado en zonas elevadas para no ver dificultada su visión por montañas o colinas vecinas y dominar mayor extensión de terreno.

CONCLUSIONES

La Teledetección ofrece grandes posibilidades para la realización de progresos en el conocimiento de la naturaleza, aunque todavía no se ha logrado todo lo que de ella se esperaba debido a que se piensan realizar perfeccionamientos en el nivel de resolución espacial, espectral y temporal de los datos. Además, es necesario un mayor rigor científico en la interpretación de los resultados obtenidos, tratando de no extraer conclusiones definitivas de los estudios medioambientales realizados mediante técnicas de

Teledetección. Los modelos que se elaboran para interpretar los datos de Teledetección deberán tener como objetivo eliminar los efectos ocasionados por la variabilidad en las condiciones de captación, la distorsión provocada por la atmósfera y la influencia de parámetros tales como la posición del sol, pendiente, exposición, altitud. El papel de los modelos consiste en poner de manifiesto los parámetros dominantes y en estudiar su variabilidad tanto espacial como temporal. La variabilidad espacial de los datos de reflectancia pondrá de manifiesto los efectos de escala y la variabilidad temporal informará sobre la evolución biológica de los seres vivos. Para que las informaciones recogidas a través de técnicas de Teledetección sean válidas se debe seleccionar cuidadosamente el momento óptimo para la adquisición de los datos y la combinación adecuada de bandas espectrales que mejor se adapte al objetivo perseguido. La Teledetección es una ciencia de carácter marcadamente multidisciplinar en la cual las informaciones que aportan los distintos implicados (ingenieros, biólogos, forestales, físicos e informáticos) tienen todo su interés y ayudan a una mejor comprensión de las imágenes procedentes de sensores remotos. Por este motivo deben estrecharse mucho más las relaciones entre los investigadores de sensores remotos (aspecto físico del problema: firmas espectrales), los usuarios de sensores remotos (aspecto aplicado del problema: interpretación de imágenes, clasificación automática supervisada) y los ingenieros de sensores remotos (fabricación y calibración de instrumentos).

LITERATURA CITADA

- Allan, J.A.
1997 **"Land use changes in land use in the Urla area of Aegean Turkey"**. In: Monitoring Environmental Change by Remote Sensing. Editorial. Van Genderen and W.G. Collins, Remote Sensing Society, Londres. pp. 4-7.
- Cole, M.M.
1974 **"Recognition and interpretation of spatial signatures of vegetation from aircraft and satellite imagery in Western Queensland, Australia, proceedings of the Frascati"**. Symposium, ESRD, Paris. pp. 243-398.
- Fleming, M.D y Hoffer, R.M.
1979 **"Machine processing of LANDSAT MSS data and DMA topographic data for forest cover type mapping"**. Proceedings of the 1979 Symposium of Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana.
- Goillot, C.H.
1976 Rapport de Synthese, C.R. Table ronde C.N.R.S. "Ecosystems bocagers", Rennes.
- González, A. F. y Cuevas G., J. M
1982 **Los satélites de recursos naturales y sus aplicaciones en el campo forestal**. Editorial Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid. pp. 15.
- Heller, R.C.
1975 **"Evaluation of ERTS-1 data for forest and rangeland survey"**. USDA for Serv.Res.Rap. PSW-112. Pac. Southwest For and Range.Exp. Stn, Berkeley, California. 67 p.

- Husson, A.
 1980 **“Teledetección de los incendios forestales en la región mediterránea”**. Editorial Les Cahiers de l'OPIT, París.
 1975 **“Timber volume estimate with LANDSAT-1 imagery, proceedings of the workshops on Canadian forest inventory methods”**. University of Toronto, Ontario.
- Kalensky, Z.
 1974 **“ERTS thematic map from multitemporal digital images”**. In: Proc. Comm. VII, Int. Soc. Photogramm. Can Inst. Surv. Ottawa, Canada. 2:767-785.
- Lapietra, G. y Cellerino, G. P.
 1980 **“Elaborazione di immagini LANDSAT mediante il sistema ER-MAN II per un inventario della Pioppicoltura italiana”**. Cellulosa e Carta 6.
- Maynard, P.T. y Strahler, A.H.
 1981 **“The logit classifier a general maximum likelihood applications”**. Proceedings of the Fifteenth International Symposium on Remote Sensing of Environment, Ann Arbor, Michigan.
- Megier, J.
 1977 **“Multi-temporal digital analysis of LANDSAT data for inventory of poplar planted groves in North Italy”**. Proceedings of the International Symposium on Image Processing, Interactions with photogrammetry and Remote Sensing, Graz. pp. 135-353.
- Thompson, L.L.
 1979 **“Remote Sensing using solid state array technology”**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 45. pp. 47-55.
- Townshend, J.R.
 1981 **The spatial resolving power of earth resources satellites**. Progress in Physical Geography 5(1):31-55.
- Tricart, J.L.
 1979 **“Paysage y ecología”**. In: Revue de Géomorphologie Dynamique, XXVIII, 3.
- Shasby M.B.
 1981 **“Broad area forest fuels and topography mapping using digital LANDSAT and terrain model, U.S.”**. Department of Interior. Geological Survey. Sioux Falls, South Dakota.
- Swain, P.H.
 1979 **“A method for classifying multispectral remote sensing data using context. Proceedings of the 1979”**. Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data. Purdue University, West Lafayette, Indiana. pp. 343-353.
- Van Genderen, J.L. y Lock, B.F.
 1976 **“Methodology small scale rural land use maps in semi-arid developing countries using orbital imagery, Final Report to NASA investigation 9680”**. Department of Industry. London.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

RESEÑA

LA UNIVERSIDAD INDÍGENA INTERCULTURAL DE MICHOACÁN: IDEAS PARA UNA UNIVERSIDAD DIFERENTE

José Concepción Castro Robles

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 635-641

e-revist@s

RESEÑA

LA UNIVERSIDAD INDÍGENA INTERCULTURAL DE MICHOACÁN: IDEAS PARA UNA UNIVERSIDAD DIFERENTE

Título: La Universidad Indígena Intercultural de Michoacán: ideas para una universidad diferente

Autor: Gutiérrez Vázquez Juan Manuel.

Edición: Universidad Indígena Intercultural de Michoacán.

No. de páginas: 79 p.

Año: 2004.

El libro del Dr. Juan Manuel Gutiérrez Vázquez “La Universidad Indígena Intercultural de Michoacán: ideas para una universidad diferente”, en sus siete capítulos, se encuentra denso en conceptos y cada línea podría ser objeto de un amplio diálogo, pero resaltaré los siguientes aspectos.

Introducción

El hecho de que muchas instituciones de educación superior, hayan relegado la participación de las culturas indígenas ha dado la oportunidad de que surjan iniciativas en el país como las nuestras, la Universidad Indígena Intercultural de Michoacán (UIIM) y la Universidad Autónoma Indígena de México (UAIM).

En el fondo de este hecho, se encuentra, como se expresa en la introducción del libro, el diálogo político sobre la lucha por *la inclusión* de jóvenes indígenas, quienes en su mayoría tienen múltiples dificultades para acceder y permanecer en cualquier nivel educativo.

El problema, tal y como se menciona es bastante complejo y en educación superior apenas empezamos a escribir la historia.

Este tipo de universidades son innovadoras, de tal manera que las definiciones básicas implican un diálogo filosófico inaplazable.

En la misma introducción del libro, el autor presenta una excelente definición de *universidad*, de acuerdo con el contexto que también la UAIM ha vivido:

“ (...) una universidad es una comunidad de aprendizaje y de estudio en el que se promueve a un nivel avanzado la construcción colectiva de saberes y el desarrollo intelectual, afectivo, moral, social, cultural y profesional de todos sus miembros, sean autoridades, profesores, estudiantes o empleados ”¹.

Esta definición es de suma importancia porque, coincidiendo con el autor, en los métodos que empleamos el conocimiento no puede adquirir la característica de ‘universal’, ya que mientras la mayoría de los maestros hacen referencia a las obras occidentales, los estudiantes de origen indígena traen bagajes propios de su cultura y pueden influir de manera positiva en la construcción de nuevos conocimientos.

Tal y como lo menciona posteriormente: “debemos reconocer que los saberes indígenas siguen estando presentes, aun cuando dispersos, en la memoria colectiva de los pueblos y las comunidades”².

Por ejemplo, para el caso de la UAIM, la mezcla de conocimientos de la medicina herbolaria de los indígenas, por un lado, y la del conocimiento científico de la ingeniería forestal, por otro, producen un ambiente propicio para el aprendizaje con impactos insospechados para la humanidad. Como menciona D’Ambrosio, las nuevas formas de generación del conocimiento pueden provenir de las innumerables propuestas alternativas como las etnomatemáticas, la etnometodología, la etnohistoria, la etnomedicina, y otros tantos análisis del saber culturalmente contextualizado³.

¹ Introducción p. 14.

² Capítulo III, p. 31.

³ U. D’Ambrosio. *Transdisciplinaridade*, São Paulo, Palas Athena, 1997, p. 63.

¿Qué es lo que esperamos de una universidad?

El autor continúa resaltando en el capítulo II, la importancia de todas las actividades de aprendizaje que además de las clases, conforman el currículo universitario.

En la UAIM, esta perspectiva ha sido muy provechosa para los estudiantes, que en resumidas cuentas se ha originado en cuatro sentidos, distintos pero relacionados: primero, por la construcción de los conocimientos que los estudiantes realizan a través del proceso educativo formal y del intercambio de costumbres y actitudes de las diferentes culturas de donde provienen; segundo, a través del proceso de adaptación y de las experiencias durante su estancia en la institución, comprendiendo nuevas reglas de otras tradiciones sociales y culturales y su aplicación en los contextos específicos; tercero, la metacognición se ha convertido en un tema cotidiano, los estudiantes y los facilitadores se preguntan y proponen cómo es mejor aprender, y cuarto, aprenden a sobreponer múltiples formas de ver el mundo, es decir, aprenden a aprender de otras culturas y percibir las nuevas semejanzas y respuestas, sin anular las diferencias (transculturalidad).

Coincidimos plenamente en que la universidad, no debe ser un ente aislado, sino que “promueve y mantiene una interacción crítica y reflexiva a nivel local, nacional e internacional con todos los sectores y actividades sociales y culturales que le son relevantes”⁴.

¿Por qué una universidad indígena intercultural?

Estas instituciones buscan, en principio, lo que Kymlicka llamó *los derechos poliétnicos*, con el objetivo de ayudar a los grupos étnicos a que expresen en mayor o menor medida su particularidad sin que ello obstaculice su éxito en las instituciones económicas y políticas de la sociedad dominante⁵.

⁴ Capítulo II, p. 23.

⁵ W. Kymlicka. *Ciudadanía multicultural*. España, Paidós, 1996, p. 53.

Pero el autor va más allá, concordamos con él en que las instituciones de educación superior deben *“participar activamente en la formación de seres humanos con una cuota avanzada de desarrollo en aspectos de mayor consecuencia que los meramente profesionales”*⁶, por eso nuestros programas educativos no sólo se dirigen a los mercados laborales, sino que se encuentran en la perspectiva del desarrollo humano en la que no hay discriminación de clase, género y etnia.

Además, estas universidades permiten buscar mejores esquemas de coexistencia intercultural y el verdadero respeto a las diferencias. Por esta razón, coincidimos con el autor en que *“a esta casa de estudios deben tener acceso tanto los indígenas interesados en su educación superior o en el desarrollo de este tipo de establecimiento como las personas no –indígenas que tengan vocación por tales quehaceres y por colaborar en una institución como ésta”*⁷.

Perfil del egresado, ciclos y niveles de estudio

Concordamos en que el egresado de estas instituciones no debe limitarse a los esquemas tradicionales; como ciudadano cosmopolita, el egresado debe ir más allá del dominio disciplinar y tener una postura crítica de la realidad pero desde una perspectiva humanista; tal y como lo menciona el autor, el profesionista deberá establecer un compromiso firme con el desarrollo intelectual, afectivo, moral y social de las comunidades a las que pertenecen pero en general con la humanidad.

Por otro lado, pensamos que la idea, que propone el autor, de dividir los estudios superiores en ciclos escolares es muy asertiva, ya que, por las condiciones socioeconómicas de los estudiantes, siempre existe el riesgo de no permanecer en la universidad, por alguna causa u otra. Entonces, sí es necesario que los estudiantes aquilaten su esfuerzo con diplomas o certificados intermedios. Es una modalidad que emprenderemos también en nuestro próximo rediseño curricular.

⁶ Capítulo III, p. 27.

⁷ Capítulo III, p. 31.

Algunos propósitos, funciones y actividades de la Universidad Indígena Intercultural

Estamos de acuerdo, en que la finalidad de nuestras universidades interculturales, es atender las necesidades de educación superior de los pueblos y comunidades indígenas de cada región, que por muchos años estuvieron excluidos de los planes nacionales.

De esta manera, la educación intercultural se debe interpretar de manera relacional, es decir, íntimamente vinculada tanto con las desigualdades estructurales de esta sociedad como con los intentos por superarlas; y debe considerar, al fin, que las relaciones entre las culturas son asimétricas; pero se debe basar en un principio ético y político: en todo momento los actos de la institución deben juzgarse por su afinidad con temas como la equidad, la solidaridad, la seguridad, la libertad, la paz, la justicia y la dignidad.

Las universidades indígenas como las nuestras, están obligadas a realizar investigación científica, desde estudios sobre la propia naturaleza de estas instituciones, hasta la consecución de nuevos descubrimientos a partir de la incorporación de los saberes indígenas.

En consecuencia, el autor propone que *“el diseño y la implementación curriculares debería de ser realista, manejable y eficaz pero creativo, abandonando la estructura rígida y unidireccional de los planes de estudio de las universidades actuales”*⁸. Al respecto pensamos que es la mejor forma de llegar a una verdadera educación multi, inter, y transdisciplinaria.

Un programa de acompañamiento para los estudiantes

Definitivamente el núcleo del proceso educativo, en el cual coincidimos y hemos tenido plenas experiencias lo constituyen definitivamente las *asesorías* y las *tutorías*.

⁸ Capítulo V, p. 52.

Para las asesorías hemos encontrado en la UAIM, al igual que en el planteamiento de la UIIM, que deben sistematizarse de manera individual y de manera grupal, poniendo énfasis en el encuentro frecuente y programado entre asesores y asesorados, en el que es recomendable utilizar métodos y técnicas de aprendizaje.

En el caso de las tutorías, donde la labor del tutor es la de *“acompañar al estudiante a lo largo del desempeño institucional, orientarlo en los procesos de toma de decisiones y apoyarlo de manera general e integral como persona”*⁹, ha sido importante para nosotros evitar que se generen las relación de dominio–dependencia que pudieran llevar a reforzar el peso de occidente sobre las demás culturas.

Implementar un programa adecuado de tutorías no es algo sencillo en las instituciones interculturales, pero concordamos con el autor en que *“un buen sistema de tutorías puede resultar crucial para el desarrollo de muchas de las competencias, actitudes y capacidades necesarias para nuestro desempeño como profesionales de ahora y del futuro”*¹⁰.

En este contexto, el autor observa que lo que está en juego es la interacción social, menciona: *“las necesidades de estudio no son siempre o necesariamente percibidas por el sujeto, pero a menudo se manifiestan gracias a una interacción social adecuada”*¹¹.

Evaluación del rendimiento académico y certificación de conocimientos

Nos sumamos a la idea de que la evaluación de todas las actividades que se realicen en las universidades indígenas interculturales debe ser parte integral permanente del quehacer de estas instituciones. Pero quisiéramos proponer que dichas evaluaciones no se fundamenten en estándares universales, sino que, partiendo de nuestras experiencias se consideren las características peculiares de este tipo de establecimientos.

⁹ Capítulo VI, p. 64.

¹⁰ Capítulo VI, p. 70.

¹¹ Capítulo VI, p. 66.

Conclusiones

Como se observa, las coincidencias, concordancias y similitudes del modelo educativo expuesto en el libro “La Universidad Indígena Intercultural de Michoacán: ideas para una universidad diferente” y la experiencia de nuestra Universidad Autónoma Indígena de México, son bastantes.

Quizás estas coincidencias sean producto del lugar y los tiempos por donde transitamos, pero aún cuando los fundamentos de las acciones que estas instituciones han seguido tengan referentes en teorías científicas, lo cierto es que hemos iniciado una nueva historia y muchos interrogantes saltan a la luz.

Por esto es necesario que con una actitud crítica, nuestras universidades, la UIIM y la UAIM, y las demás instituciones interculturales del país, se conviertan a su vez en objeto de estudio científico y así, lograr un mejor entendimiento del fenómeno en el que nos encontramos inmersos.

Es oportuno agradecerle al autor, por motivar estas reflexiones, que nacen de la lectura del libro que, como ya hemos mencionado, debe formar parte de las bibliotecas de las instituciones interculturales de educación superior y que estamos seguros, será un buen referente en su quehacer cotidiano.

José Concepción Castro Robles. Contador Público por la Universidad Nacional Autónoma de México. M. en C. en Administración y Finanzas por la Universidad de Occidente. Rector de la Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: jcastro@uaim.edu.mx.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

RESEÑA

LIBERTAD DE EXPRESIÓN Y ESTRUCTURA SOCIAL

Alfonso Páez Álvarez

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 643-647

RESEÑA

LIBERTAD DE EXPRESIÓN Y ESTRUCTURA SOCIAL

Título: Libertad de expresión y estructura social.

Autor: Owen Fiss.

Edición: Biblioteca de ética, filosofía del derecho y política.

No. de páginas: 203 p.

Año: 1997.

El inicio de la obra, explica de forma muy clara el bien jurídico protegido en la libertad de expresión, realizando una correlación con la forma en la cual se ejerce, se practica, se configura y se enriquece y sobre todo sus mecanismos protectores.

En este contexto, se destaca de manera significativa la idea de “Tradición de la libertad de expresión”, la que incluye todas las manifestaciones jurídicas y sociales relacionadas con este derecho fundamental, dando énfasis al tratamiento jurisdiccional vinculado con su proceso de implementación en la estructura de cualquier sociedad. Es el poder judicial a través de su función de “Decir el Derecho” el que ha dado forma a la libertad de expresión y ha incentivado o inhibido su utilización.

Su fundamento se inscribe en la corriente filosófica del liberalismo, pero cotidianamente se construyen novedosas formas y sobre todo mecanismos que hagan compaginar los posibles derechos en conflicto, ya que en las estructuras sociales han surgido ancestralmente problemas en torno a el *cómo ejercer esta libertad* (un orador en la calle, una manifestación, un libro, los mass media), *cuando ponerla en práctica*, (el momento de oportunidad), *quien puede ejercerla* (cualquier persona, un informador, un comunicador, un funcionario), *hasta donde y cuando puede accionarse* y sobre todo el beneficio o interés público que innatamente se desprende de su uso.

Otro significativo argumento, se deduce del planteamiento de la idea de “protección de la autonomía”, en la que se incluye la protección de quien ejerce el derecho de libertad de expresión, por cualquier medio, no con el propósito de privilegiar la autorrealización

personal, sino algo de mayor valor, como lo es la preservación de el supremo interés del pueblo, donde se incluye conocer a fondo las raíces que sostienen el régimen político y el tipo de vida de la sociedad, sostenida por el pilar esencial de la libertad de expresión.

En otro orden de ideas, el privilegiar el debate público con manifestaciones e ideas individuales, constituye un eje más del espectro de esta libertad, con lo cual se tienen los parámetros necesarios para consolidar un individuo argumentativo e interesado por lo público.

Se dedica un apartado, al análisis de los límites o frenos de la libertad de expresión, donde tradicionalmente las estructuras estatales, bajo la forma de instituciones de Estado o de gobierno, son las más resistentes a la práctica libre de este derecho. El balance final, se inclina por la constante y fehaciente protección a la libre expresión bajo los parámetros legales dictados por las norma y coincidentes con los intereses de las estructuras sociales.

Bajo esta tesitura, surge un necesario planteamiento del control estatal de la estructura legal, que limita a cualquier persona para decir lo que piensa, bajo pena de vulnerar derechos de terceros, provocar algún delito o alterar el orden público. También se incluye la referencia de la utilización del aparato estatal como instrumento de represión.

La unidad social, como forma de organización colectiva y como mecanismo que enfrenta al poder, es un antídoto importante. Se complementa además con el incremento del debate público y la autodeterminación social. El problema en este caso consiste en lograr y hacer continua esta unidad social, ya que en la actualizada, las estructuras sociales están permanentemente atacadas por formas y prácticas de individualización y atomización, así como de segmentación institucional.

El centralismo y el control del debate público, son también detractores de la libertad de expresión, éstas formas se alientan desde el poder mediático y se consolidan en el poder económico de las grandes redes y monopolios informativos. Tienden a obscurecer y trastocar la verdad de forma directa, esto es privilegiando o protegiendo a grupos o individuos selectos. También existe una prolongada y tendenciosa perversión sustentada en formas de control cultural e ideológico transmitido por estas redes informativas.

Otro significativo argumento, lo encontramos en la explicación del “monopolio de la virtud”, que tradicionalmente se maneja desde el Estado y se traslapa al mercado. Aquí el binomio Estado-mercado siempre serán los virtuosos y cualquier forma de expresión tiende a legitimarlos. Naturalmente la sociedad sólo es un receptor pasivo, continuamente enajenado por estas formas de expresión de la virtud.

Aprovechando su poder para imponer y autorizar, el Estado puede desempeñar su función correctiva, a través de la concesión de subsidios (ayudas a bibliotecas, universidades, emisoras y candidatos)

Así mismo, se contemplan situaciones y acontecimientos diferentes, que podrían limitar el ejercicio de la libertad de expresión, como lo son la discriminación por razón de sexo, preferencia sexual, orientaciones ideológicas, políticas o religiosas. Así se encuentra con limitantes, que se propician desde la misma estructura social, cuando se ponen en conflicto valores y principios relacionados con ello. La solución final, queda en manos de los jueces, quienes están facultados para decidir y armonizar los intereses grupales e individuales, enfocando sus efectos en la importancia que representa el debate público.

La sensibilidad para la ubicación del interés público, que debe protegerse es una parte fundamental de este proceso, no para decidir quien tiene la razón o no, sino para determinar el problema a partir de una visión completa. El enfoque incluyente exige incluir las perspectivas de todo el derecho, abordando aspectos relativos a formas de monopolios informativos, discriminación, derecho a daños, privacidad y hábeas data.

Los tribunales no obtienen sus conclusiones de la nada, están inmersos en una estructura social que les proporciona bases y fundamentos, además del escrutinio de la comunidad que presta atención a la protección de sus derechos básicos.

Se expone la expresión relacionada con que en la actualidad, el carácter del debate público está determinado no por lo que el orador tiene que decir, ni por su capacidad para llamar la atención del transeúnte casual, sino por los medios de comunicación por lo que resulta importante supervisar y controlar el funcionamiento de los grandes sistemas de comunicación e información. Se concluye así que en los medios privados el

ejercicio de las libertades de información y de expresión se vincula en gran medida con el poder económico e influencia política de los emisores.

No se pueden ignorar las oportunidades para opinar, pero en la realidad cada vez son más limitadas, en este contexto el ejercer la libertad de expresión *rostro a rostro* esta adquiriendo nuevas dimensiones.

Se alude a la expresión del “sopesamiento equilibrado” tratando de mover el centro que equilibra la libertad de expresión de la igualdad a la equidad, atendiendo a la circunstancia de facto de una ausencia de garantizar la igualdad cuando se expresan las ideas propias.

En defensa de la prerrogativa del Estado frente a la Libertad de expresión se alude a que éste es libre para proscribir toda conducta indeseable y toda incitación a una acción ilegal, y si en determinado momento el expresarse conduce a estos supuestos se tiene la facultad de limitarlos.

Además el Estado puede tener derecho a prohibir la defensa general de una idea cuando esa defensa tiene el efecto de interferir con los derechos de los otros a expresar opiniones, en cuyo caso también se tiene que privilegiar el interés colectivo de manifestarse.

En relación a la temática del feminismo y bajo un análisis sociológico se estudia la dinámica silenciadora de las mujeres, género que tradicionalmente no cuenta con las mismas garantías de libertad de expresión, abordando las condiciones y circunstancias que parten desde la propia estructura social y que producen que el género femenino esté excluido parcialmente de este derecho. Expone que hay muchos factores que silencian a las mujeres entre los que destacan la falta de participación, rol social, sexualidad entre los más significativos.

Así mismo, se hace una referencia a la libertad de expresión en relación con la *doctrina de la censura previa* fundamentando esta relación con los aspectos de seguridad nacional, esto es cuando por proteger el interés soberano de una nación es indispensable limitar la expresión de sus ciudadanos, sobre todo relacionando este aspecto con la

posibilidad jurídica de obtener información pública y limitando la difusión de datos, archivos o documentos clasificados como reservados.

De igual forma, se aborda el tema de la democracia y la trascendencia que tiene la libertad de expresión para la consolidación de principios y valores democráticos, tales como la tolerancia, la participación activa, el respeto, la igualdad, la libertad y la práctica cotidiana de estos valores con el propósito de conformar el ejercicio de una ciudadanía argumentativa y cada vez más comprometida con el desarrollo de la sociedad.

Finalmente, se toca imprescindible tema de *la construcción de una prensa libre* para lo cual se requieren ciertas condiciones como lo son la autonomía, la libre competencia, la conciencia social, la nueva visión estatal, la certeza jurídica y el respaldo y confianza social, con lo cual se puede integrar la fórmula que cambie el monopolio de la libertad de expresión centralizado en unos cuantos.

Alfonso Páez Álvarez. Profesor Investigador de Tiempo Completo de la Universidad de Occidente y Catedrático de las asignaturas Filosofía del Derecho y Sociología Jurídica en la Universidad Autónoma Indígena de México. Maestro en Ciencias en Derecho Social por la Universidad Autónoma de Sinaloa. Candidato a Doctor en Ciencias en Derecho por la Universidad Iberoamericana y el Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

RESEÑA

MONOGRAFÍA DE *Pinus ayacahuite*

Jesús Jasso Mata

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 649-651

RESEÑA

MONOGRAFÍA DE *Pinus ayacahuite*

Título: Monografía de *Pinus ayacahuite*.

Autor: Miguel Ángel Musálem y Álvaro Ramírez Luis.

Edición: INIFAP-CONABIO-SAGARPA

No. de páginas: 423 p.

Año: 2003.

Preocupados por la situación de deterioro en que se encuentran los bosques de nuestro país, y particularmente los bosques de la región central, en 1998 el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) inició el Proyecto de Manejo Sustentable y Conservación de la Biodiversidad de los Bosques de Clima Templado y Frío de México. Dentro de los objetivos de este proyecto está el recopilar, sistematizar y difundir la información hasta ahora existente sobre la regeneración de los bosques templados y fríos del país. Ahora, como resultado de este trabajo, y con el apoyo de la Sagarpa, la CONABIO y el INIFAP, se publica esta monografía de *Pinus ayacahuite* de gran valor tanto desde el punto de vista económico como ecológico, que habitan en los bosques centrales de México.

Pinus ayacahuite es una especie con madera de buena calidad; normalmente se usa para aserrio, chapa, pulpa, papel, postes, construcciones y ampliamente en artesanías. La importancia de esta especie radica en que es recomendable como ornamental y para plantaciones comerciales, así como en parques, jardines y campos deportivos por su gran porte y por sus grandes conos colgantes, además de su importancia ecológica.

Esta monumental obra, viene a llenar un vacío desde largo tiempo sentido. Durante mucho tiempo será obra de consulta indispensable, «que ofrece a profesionales y estudiantes datos esenciales en cuanto a Botánica, Ecología, Genética, Producción de planta en Vivero, Plantación, Manejo de Bosques Naturales, características tecnológicas de la Madera y un análisis del estado del conocimiento de la especie de *Pinus ayacahuite*. El estilo utilizado por los dos autores, al menos en los capítulos generales,

ejercerá un atractivo especial al profano que se interese por el presente y futuro de la especie de *Pinus ayacahuite*. Ciertamente, sorprenderá a los lectores el nombre de los autores, Por que figuran los nombres de dos autoridades en conservación y en administración en investigación forestal.

En el primer capítulo los autores tratan sobre la botánica de *Pinus ayacahuite* y dos variedades, incluyendo además la importancia económica y de investigación que tiene esta especie. Se ofrecen un alentador resumen de los elementos básicos necesarios para una comprensión de la geografía forestal de esta especie.

Las investigaciones que se describen durante el desarrollo de esta interesante obra la hacen obligada para los nuevos trabajos sobre la especie de *Pinus ayacahuite*. Como es el caso de los capítulos dos y cuatro que se realiza una exhaustiva revisión sobre los temas de ecología y producción de planta, respectivamente.

Los lectores con espíritu crítico quizá lamenten una cierta desproporción en el espacio dedicado a la genética sobre esta especie, en el capítulo tres. Por ejemplo, la información relativa a la conservación genética de la especie. Sin embargo, incluso estos lectores con espíritu crítico quedarán sobradamente satisfechos con la notable información que se detalla sobre variación natural, estudios cromosómicos, hibridación y mejoramiento genético.

En el capítulo 6 trata sobre el manejo de *Pinus ayacahuite* y se destacan los temas sobre fertilización, control de malezas, podas, protección, riegos de auxilio, combate de incendios y modelación matemática del crecimiento de la especie.

Una parte principal del libro, sobre características tecnológicas de la madera en el capítulo 7, se ocupa de la estructura y propiedades de la especie y que es, en nuestra opinión, el de mayor alcance que se haya publicado hasta ahora en español. Tiene, además, una buena colección de microfotografías, y una extensa bibliografía con más de 30 referencias.

La SAGARPA, La CONABIO, el INIFAP, los autores y los colaboradores merecen toda clase de elogios por esta obra que supone una piedra angular en el camino hacia un conocimiento más general sobre el desarrollo de los sistemas silvícolas de la especie de *Pinus ayacahuite*. Nos sirve de satisfacción ver los progresos alcanzados por los

forestales de México en el desempeño de su misión y en el logro de que los bosques a ellos encomendados contribuyan en grado cada vez mayor a satisfacer las necesidades de la población del país.

Jesús Jasso Mata. Ingeniero Forestal egresado del Departamento de Bosques de la Universidad Autónoma Chapingo. Realizó sus estudios de Maestría y Doctorado en Ciencias Forestales por la Universidad de Yale en Estados Unidos. Profesor Investigador del Programa Forestal del Colegio de Postgraduados.

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2005

RESEÑA

LOS SIETE SABERES NECESARIOS PARA LA EDUCACIÓN DEL FUTURO

Haydée Avilés Anaya

Ra Ximhai, septiembre-diciembre, año/Vol.1, Número 3
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 653-665

e-revist@s

RESEÑA

LOS SIETE SABERES NECESARIOS PARA LA EDUCACIÓN DEL FUTURO

Título: Los siete saberes necesarios para la educación del futuro.

Autor: Edgar Morín.

Edición: UNESCO.

No. de páginas: 109.

Año: 2001.

Como contribución al debate internacional, sobre la forma de reorientar la educación hacia el desarrollo sostenible, Edgar Morín, desde el contexto de su visión del “pensamiento complejo” presenta siete principios clave que estima necesarios para la educación del futuro, en este libro editado por la UNESCO en el marco del programa “Educación para un futuro sostenible”, Morín, propone la necesidad de trabajar en todos los niveles educativos siete saberes “fundamentales” en cualquier sociedad y cultura, sin excepción, según los usos y las reglas propias de cada sociedad y de cada cultura.

Las cegueras del conocimiento: Las primeras de ellas serían el error y la ilusión

La racionalidad lleva la posibilidad de error y de ilusión cuando se pervierte en racionalización, *La racionalización se cree racional porque constituye un sistema lógico perfecto basado en la deducción o la inducción, pero se funda sobre bases mutiladas o falsas y se niega la discusión de argumentos y la verificación empírica.* Una doctrina que obedece a un modelo mecanicista y determinista para considerar el mundo no es racional sino racionalizadora. Un racionalismo que ignora los seres, la subjetividad, la afectividad y la vida, es *irracional*. La racionalidad debe reconocer el lado del afecto, del amor, del arrepentimiento, los límites de la lógica, del determinismo, del mecanismo; saber que la mente humana no podrá ser omnisciente, que la realidad comporta misterio, no sólo es crítica sino autocrítica, se reconoce la verdadera racionalidad por la capacidad de reconocer sus insuficiencias.

Las cegueras paradigmáticas; el paradigma desempeña un rol al mismo tiempo subterráneo y soberano en cualquier teoría, doctrina o ideología. Se evoca aquí al “gran paradigma de occidente” formulado por Descartes desde el siglo XII. El paradigma cartesiano separa al sujeto del objeto con una esfera propia para cada uno: la filosofía y la investigación reflexiva por un lado, la ciencia y la investigación objetiva por el otro. Este paradigma determina una doble visión del mundo, por un lado un mundo de objetos sometidos a observaciones, experimentaciones, manipulaciones; por el otro un mundo de sujetos planteándose problemas de existencia, de comunicación, de conciencia, de destino.

El imprinting y la normalización: el poder imperativo y prohibitivo de los paradigmas, hacen reinar conformismos cognitivos e intelectuales, el imprinting cultural inscribe a fondo el conformismo y la normalización elimina lo que ha de discutirse, el imprinting marca a los humanos con el ello de la cultura familiar, luego la escolar, después la universidad o el desempeño profesional, así la selección sociológica y cultural de las ideas rara vez, obedece a su verdad, o por el contrario, puede ser implacable con la búsqueda de verdad.

La Noología: posesión

“Los productos del cerebro humano, tienen el aspecto de seres independientes dotados por cuerpos particulares, en comunicación con los humanos y entre ellos” Carlos Marx. Las creencias y las ideas no sólo son productos de la mente, también son seres mentales que tienen vida y poder. De esta manera pueden poseernos. La noósfera está en nosotros y nosotros estamos en la noósfera. Los mitos y las ideas creados por nosotros mismos nos han invadido sumergen nuestra conciencia, dándonos la ilusión de ser hiperconcientes. Las sociedades domesticar a los individuos con los mitos y las ideas, pero los individuos podrían recíprocamente domesticar sus ideas al tiempo que podrían controlar la sociedad que los controla.

Las ideas existen por y para el hombre, pero el hombre también existe por y para las ideas; nos podemos servir de ellas sólo si también sabemos servirles. La paradoja ineludible es *Debemos*

llevar una lucha crucial contra las ideas, pero no podemos hacerlo más que con la ayuda de las ideas.

Lo inesperado; nos sorprende porque nos hemos instalado con gran seguridad en nuestras teorías y estas no tienen alguna estructura para acoger lo nuevo, cuando sobrevenga lo inesperado habrá de ser capaz de revisar nuestras teorías e ideas, en vez de dejar entrar por la fuerza el hecho nuevo en la teoría, la cual es incapaz de acogerlo verdaderamente.

La incertidumbre del conocimiento: el conocimiento del conocimiento que conlleva la integración del conociente en su conocimiento debe aparecer ante la educación como un principio y una necesidad permanentes. Hay condiciones bioantropológicas que permiten interrogantes fundamentales sobre el mundo, el hombre y el conocimiento mismo. Debemos intentar jugar con la doble enajenación, de las ideas por nuestra mente, la de nuestra mente por las ideas, el problema clave es instaurar la convivencia con nuestras ideas, así como con nuestros mitos. Necesitamos un control permanente para evitar idealismo y racionalización. Necesitamos una nueva generación de teorías abiertas, racionales, críticas, reflexivas, autocríticas, aptas para auto reformarnos.

Un progreso básico para el siglo XXI sería que ni los hombres ni las mujeres siguieran siendo juguetes inconscientes de sus ideas y de sus propias mentiras, es un deber de la educación armar a cada uno en el combate vital para la lucidez.

Los principios de un conocimiento pertinente: el problema universal para todo ciudadano del nuevo milenio es *¿Cómo lograr el acceso a la información sobre el mundo y cómo lograr la posibilidad de articularla y organizarla? ¿Cómo percibir y concebir el Contexto, lo Global (la relación todo/partes), lo multidimensional, lo Complejo?.* Para conocer y reconocer los problemas del mundo es necesaria una reforma de pensamiento, paradigmática y no programática.

A este problema universal esta enfrentada la *educación del futuro* por la inadecuación cada vez más amplia, profunda y grave por un lado entre nuestros saberes desunidos, divididos,

compartimentados y, por el otro, realidades o problemas cada vez más polidisciplinarios, transversales, multidimensionales, transnacionales, globales y planetarios.

Para que un conocimiento sea pertinente, la educación deberá entonces evidenciar: **el contexto** Claude Bastien anota que “*La evolución cognitiva no se dirige hacia la elaboración de conocimientos cada vez más abstractos, sino hacia su contextualización*” y agrega que la contextualización es una condición esencial de la eficacia del funcionamiento cognitivo.

Lo global es más que el contexto, es el conjunto que contiene partes diversas ligadas de manera interretroactiva u organizacional. El principio de Pascal en el cual deberá inspirarse la educación del futuro menciona...*creo imposible conocer las partes sin conocer el todo y tampoco conocer el todo sin conocer particularmente las partes.*

Las unidades complejas como el ser humano o la sociedad, son *multidimensionales*; el ser humano es a la vez biológico, psíquico, social, afectivo, racional. La sociedad comporta dimensiones históricas, económicas, sociológicas, religiosas. El conocimiento pertinente debe reconocer esta multidimensionalidad e insertar allí sus informaciones. En consecuencia, la educación debe promover una *inteligencia general* apta para referirse, de manera multidimensional, a lo complejo, al contexto en una concepción global.

François Recanati decía “*La comprensión de los enunciados, lejos de reducirse a una mera y simple decodificación, es un proceso no modular de interpretación que moviliza la inteligencia general y apela ampliamente al conocimiento del mundo*”, no obstante los grandes progresos en los conocimientos realizados en el transcurso del siglo XX, enormes obstáculos se han acumulado para impedir el ejercicio de éste conocimiento en nuestros sistemas de enseñanza, la contradicción aquí radica en que estos conocimientos se encuentran desunidos dispersos, debido a la especialización que a menudo quebranta los contextos, las globalidades, las complejidades.

Las mentes formadas por las disciplinas pierden sus aptitudes naturales para contextualizar los saberes tanto como para integrarlos en sus conjuntos naturales. El debilitamiento de la

percepción de lo global conduce al debilitamiento de la responsabilidad y al debilitamiento de la solidaridad, mientras que la cultura general incita a la búsqueda de la contextualización de cualquier información o de cualquier idea, la cultura científica y técnica disciplinaria desune y compartimenta los saberes haciendo cada vez más difícil su contextualización.

La economía que es la ciencia social matemáticamente más avanzada, es a la vez la ciencia social y humanamente más atrasada puesto que se ha abstraído de las condiciones sociales, históricas, políticas, psicológicas, ecológicas, inseparables de las actividades económicas. El principio de reducción conduce naturalmente a restringir lo complejo a lo simple. La incapacidad de organizar el saber disperso y compartimentado conduce a la atrofia de la disposición mental natural para contextualizar y globalizar.

La paradoja del siglo XX es que ha producido progresos gigantescos en todos los campos del conocimiento científico y técnico; y al mismo tiempo ha generado una nueva ceguera hacia los problemas globales, fundamentales y complejos, y ésta ceguera ha creado innumerables problemas a causa de la racionalización abstracta y unidimensional. No se trata de abandonar el conocimiento de las partes por el conocimiento de las totalidades, ni el análisis por la síntesis, hay que conjugarlos.

La educación del futuro deberá ser una enseñanza universal centrada en la condición humana. Los últimos aportes de las ciencias durante los 60-70 han modificado las ideas sobre el Universo, la Tierra, la Vida y el Hombre mismo, pero estos aportes aun están desunidos. Lo humano permanece dividido, fragmentado, sin embargo, es imposible concebir la unidad compleja de lo humano por medio del pensamiento que lo concibe de manera insular por fuera del cosmos que lo rodea, de la materia física y del espíritu del cual estamos constituidos, ni tampoco por medio del pensamiento reductor que reduce nuestra humanidad a un sustrato puramente bioanatómico.

Los nuevos saberes, por no estar religados, tampoco están asimilados ni integrados. Paradójicamente, hay un agravamiento de la ignorancia del todo mientras que hay una progresión del conocimiento de las partes; la gran tarea de la educación del futuro es la

religazón de los conocimientos resultantes de las ciencias naturales para ubicar la condición humana en el mundo. Es tarea de las ciencias humanas aclarar las multidimensionalidades humanas, para lo cual es necesario integrar el aporte de las humanidades, no solamente de la filosofía, y la historia, sino también de la literatura, la poesía y las artes.

El humano es un ser plenamente biológico pero si no dispusiera plenamente de la cultura sería un primate del más bajo rango. La cultura acumula en sí lo que se conserva, transmite, aprende, ella comporta normas y principios de adquisición. Morín propone tres tríadas para explicar lo anterior, a las que ha llamado bucles, por la característica de relación que se da entre ellas: a) la primera “cerebro -mente –cultura”, la mente es un surgimiento del cerebro que suscita la cultura, la cual no existiría sin el cerebro”, b) razón–afecto-impulso”, las relaciones entre estas tres instancias , no solo son complementarias sino antagónicas, implicando los conflictos muy conocidos entre la impulsividad, el corazón y la razón, hay una relación, permutante, rotativa e inestable entre estas tres instancias, la racionalidad no dispone del poder supremo y, c) “individuo-sociedad-especie”, la sociedad vive para el individuo, el cual vive para la sociedad la sociedad y el individuo viven para la especie, la cual vive para el individuo y la sociedad.

La unidad y la diversidad human. La educación del futuro deberá velar porque la idea de unidad de la especie humana no borre la de su diversidad, y que la de su diversidad no borre la de unidad, la educación deberá ilustrar este principio de unidad-diversidad en todos los campos, en el *campo individual* todo ser humano lleva en sí una diversidad cerebral, psicológica, afectiva e intelectual y al mismo tiempo, tiene sus propias singularidades cerebrales, mentales, psicológicas, afectivas, intelectuales. No hay sociedad humana, arcaica o moderna que no tenga cultura, pero cada cultura es singular. Así siempre hay cultura en las culturas, pero la cultura no existe sino a través de las culturas.

Las técnicas pueden migrar de una cultura a la otra, incluso algunas creencias religiosas, pero hay en cada cultura un capital específico de creencias, ideas, valores, mitos. Es pertinente, por lo tanto, concebir una unidad que asegure y favorezca la diversidad, una diversidad que se inscriba en una unidad.

El siglo XXI deberá abandonar la visión unilateral que define al ser humano por la racionalidad, la técnica, las actividades utilitarias y las necesidades obligatorias. El ser humano es complejo y lleva en sí de manera bipolarizada caracteres antagónicos como: racional-delirante, trabajador-lúdico, empírico-imaginador, económico-dilapidador, prosaico-poético. En el ser humano el desarrollo del conocimiento racional-empírico-técnico no ha anulado nunca el conocimiento simbólico, mítico, mágico o poético. El hombre es un ser complejo la posibilidad de convertirse en genio, viene del hecho de que el ser humano no sea completamente prisionero de lo real, de la lógica, del código genético, de la cultura de la sociedad. El genio surge en la brecha de lo incontrolable, justo allí donde merodea la locura. La creación, surge en la unión entre las profundidades oscuras psicoafectivas y la llama de la conciencia, así una de las vocaciones esenciales de la educación del futuro será el examen y el estudio de la complejidad humana.

Enseñar la identidad terrenal. Hace falta comprender tanto la condición humana en el mundo, como la condición del mundo humano que a través de la historia moderna se ha vuelto la de la era planetaria. Lo que agrava la dificultad de conocer nuestro mundo es el modo de pensamiento que ha atrofiado en nosotros, en vez de desarrollarla la aptitud de contextualizar y globalizar, mientras que la exigencia de la era planetaria es pensar en la globalidad, la relación todo-partes, su multidimensionalidad y su complejidad. *El planeta no es un sistema global sino un torbellino en movimiento desprovisto de centro organizador.*

Este planeta necesita un pensamiento policéntrico capaz de lograr un universalismo no abstracto sino conciente de la unidad /diversidad de la condición humana. Educar para este pensamiento es la finalidad de la educación del futuro que debe trabajar en la era planetaria para la identidad y la conciencia terrenal.

La industria y la técnica, toman en este siglo un vuelo que ninguna civilización había conocido antes. El progreso económico, el desarrollo de las comunicaciones, la inclusión de los continentes subyugados en el mercado mundial, determinan grandes movimientos de población que van a ampliar el crecimiento demográfico generalizado; un gran número de africanos, asiáticos y suramericanos se encuentran en un circuito planetario de miseria. Han sido sacados

de sus pueblos por procesos mundializados venidos de Occidente. La mundialización es en realidad unificadora, pero también conflictiva en su esencia, la unificación mundializante está cada vez más acompañada por su propio negativo, suscitado por el contrario efecto: la balcanización. El mundo cada vez más se vuelve uno, pero al mismo tiempo se divide, es la misma era planetaria la que ha permitido y favorecido la parcelación generalizada en Estados-nación. Concebido únicamente de manera técnico-económica, el desarrollo está en un punto insostenible incluyendo el desarrollo sostenible. Es necesaria una noción más rica y compleja del desarrollo que sea no sólo material sino también intelectual, afectiva y moral.

Morin nos habla de una de las condiciones fundamentales para una evolución positiva la cual sería que las fuerzas emancipadoras inherentes a la ciencia y a la técnica pudieran superar las fuerzas de muerte y esclavitud. Las posibilidades que ofrece el desarrollo de las biotecnologías son prodigiosas tanto para lo mejor como para lo peor. La posibilidad antropológica, psociológica, cultural y mental de progreso, restaura el principio de esperanza pero sin certeza “científica” ni promesa “histórica”. Es una posibilidad incierta que depende mucho de la toma de conciencia, las voluntades, el ánimo y la suerte. Por ello la toma de conciencia se ha vuelto urgente y primordial, y por esta razón el problema de la reforma del pensamiento se ha vuelto vital.

Los humanos desde el siglo XX viven los mismos problemas fundamentales de vida y muerte y están unidos en la misma comunidad de destino planetario. Por esto es necesario aprender a “estar ahí” en el Planeta. No solamente ser una cultura sino también ser habitantes de la Tierra. Dedicarnos no sólo a dominar sino a acondicionar, mejorar, comprender, las conciencias: *antropológica, ecológica, cívica terrenal y espiritual*.

El mundo confederado debe ser policéntrico y acéntrico, no solo a nivel político sino también cultural. El occidente que se provincializa, siente en si la necesidad de Oriente, mientras que el Oriente tiene a permanecer occidentalizandose. El norte ha desarrollado el cálculo y la técnica, pero ha perdido calidad de vida, mientras que el sur, técnicamente atrasado, mantiene aún su calidad de vida. En adelante una dialógica debe complementar Oriente y Occidente, Norte y

Sur. La *religación* debe sustituir la disyunción y llamar a la *simbiosofía*, la sabiduría de vivir unidos.

Enfrentar las incertidumbres: El fin del siglo XX ha sido propicio, para comprender la incertidumbre irremediable de la historia humana, ha descubierto la pérdida del futuro, es decir su impredecibilidad. Una gran conquista de la inteligencia sería poder, al fin, deshacerse de la ilusión de predecir el destino humano. Es necesario aprender a enfrentar la incertidumbre puesto que vivimos una época cambiante donde los valores son ambivalentes, donde todo está ligado. Es por eso que la educación del futuro debe volver sobre las incertidumbres ligadas al conocimiento.

La renuncia al mejor de los mundos, no es de ninguna manera la renuncia a un mundo mejor, sepamos entonces confiar en lo inesperado y trabajar para lo improbable.

Enseñar la comprensión: La situación sobre nuestra tierra es paradójica. La conciencia de ser solidarios con su vida y con su muerte liga desde ahora a los humanos. La comunicación triunfa; el planeta está atravesado por redes faxes, teléfonos celulares, módems, Internet. Y sin embargo la incomprensión sigue siendo general. La comprensión no puede digitarse. Educar para comprender las matemáticas o cualquier disciplina es una cosa, educar para la comprensión humana es otra; ahí se encuentra la misión espiritual de la educación: enseñar la comprensión entre las personas como condición y garantía de la solidaridad intelectual y moral de la humanidad.

El problema de la comprensión esta doblemente polarizado: un polo ahora planetario es el de la comprensión entre humanos: los encuentros y relaciones se multiplican entre personas, culturas y pueblos, que representan culturas diferentes. Un polo individual es el de las relaciones particulares entre familiares. Éstas están cada vez más amenazadas por la incomprensión. Comprender incluye necesariamente un proceso de empatía, de identificación y de proyección. Siempre intersubjetiva, la comprensión necesita apertura, simpatía y generosidad.

Algunos de los obstáculos para la comprensión son: *la polisemia* que es una noción que, enunciada en un sentido, se entiende en otro ejemplo. La palabra [cultura], existe a menudo la imposibilidad, dentro de una visión del mundo, de comprender las ideas o argumentos de otra visión del mundo, o dentro de una filosofía comprender otra filosofía. Para Morín el obstáculo más importante es la imposibilidad de comprensión de una estructura mental a otra.

En realidad la incomprensión de sí mismo es una fuente muy importante de la incomprensión de los demás. Uno se cubre a sí mismo sus carencias y debilidades, lo que nos vuelve despiadados con las carencias y debilidades de los demás. El mundo de los intelectuales, escritores o universitarios, que debería ser el más comprensivo, es el más gangrenado por el efecto de una hipertrofia del yo asumido por una necesidad de consagración y de gloria.

Etnocentrismo y egocentrismo nutren las xenofobias y racismos hasta el punto de llegar a quitarle al extranjero su calidad de humano. Por esto, la verdadera lucha contra los racismos debería ser más contra sus raíces ego-socio-céntricas que contra sus síntomas.

No son solamente las vías económicas, jurídicas, sociales, culturales las que facilitarían la comprensión, también son necesarias vías intelectuales y éticas, las cuales podrán desarrollar la doble comprensión intelectual y humana. La ética de la comprensión es un arte de vivir que nos pide, en primer lugar, comprender de manera desinteresada, es decir comprender la incomprensión, argumentar y refutar en vez de excomulgar y anatemizar. Para favorecer la comprensión debemos practicar la introspección (autoexamen mental) y el “bien pensar”, es decir, un modo de pensar que permite aprehender en conjunto el texto y el contexto, el ser y su entorno, lo local y lo global, lo multidimensional, en resumen, lo complejo.

La comprensión hacia los demás necesita la conciencia de la complejidad humana. Así podemos finalmente aprender las más grandes lecciones de la vida, la compasión por el sufrimiento de todos los humillados y la verdadera comprensión. La verdadera tolerancia no es indiferente a las ideas o escepticismos generalizados; esto es válido para las ideas no para los insultos, agresiones o actos homicidas.

Comprender es también aprender y reaprender de manera permanente. En cada cultura, las mentalidades dominantes son etno o sociocéntricas, es decir, más o menos cerradas con respecto de otras culturas. La comprensión entre sociedades supone sociedades democráticas abiertas, lo que quiere decir que el camino de la comprensión entre culturas, pueblos y naciones pasa por la generalización de las sociedades democráticas abiertas.

El planeta necesita comprensiones mutuas en todos los sentidos. Dada la importancia de la educación en la comprensión a todos los niveles educativos y en todas las edades, el desarrollo de la comprensión necesita una reforma planetaria de las mentalidades; esa debe ser la labor de la educación del futuro.

La ética del género humano. Los individuos son más que el producto del proceso reproductor de la especie humana, pero este mismo proceso lo producen los individuos de cada generación. Así *individuo-sociedad-especie* son no solamente inseparables sino coproductores el uno del otro. Toda concepción del género humano significa desarrollo conjunto de las autonomías individuales, de las participaciones comunitarias y del sentido de pertenencia a la especie humana. En medio de esta tríada compleja emerge la conciencia.

La antropoética (ética propiamente humana) nos pide asumir la misión antropológica del milenio:

Trabajar para la humanización de la humanidad.

Efectuar el doble pilotaje del planeta: obedecer a la vida y guiar la vida.

Lograr la unidad planetaria en la diversidad.

Respetar en el otro, a la vez, tanto la diferencia como la identidad consigo mismo.

Desarrollar la ética de la solidaridad.

Desarrollar la ética de la comprensión.

Enseñar la ética del género humano.

La antropoética conlleva, entonces, la esperanza de lograr la humanidad como conciencia y ciudadanía planetaria.

Enseñar la democracia: la democracia se funda sobre el control del aparato del poder por los controlados y así reduce la esclavitud (que determina un poder que no sufre la autorregulación de aquellos que somete). Los ciudadanos producen la democracia que producen los ciudadanos. La democracia supone y alimenta la diversidad de los intereses así como la diversidad de las ideas. El respeto de la diversidad significa que la democracia no se puede identificar con la dictadura de la mayoría sobre las minorías. La democratización de las sociedades occidentales ha sido un proceso largo que ha continuado irregularmente en ciertos campos como el acceso de las mujeres a la igualdad con los hombres en la pareja, el trabajo, el acceso a las carreras públicas. El socialismo occidental no ha podido democratizar la organización económico-social de nuestras sociedades.

Hay procesos de regresión democrática que tienden a marginar a los ciudadanos de las grandes decisiones políticas (con el pretexto de que éstas son muy complicadas y deben ser tomadas por expertos tecnócratas). Estos procesos están ligados al crecimiento de la complejidad de los problemas y al modo mutilador de tratarlos. La política se fragmenta en diversos campos y la posibilidad de concebirllos juntos disminuye o desaparece. Los ciudadanos son rechazados de los asuntos políticos cada vez más acaparados por los expertos y esto impide en realidad la democratización del conocimiento.

La humanidad como destino planetario dejó de ser una noción abstracta: es una realidad vital, ya que desde ahora está amenazada de muerte por primera vez. La humanidad ha dejado de ser una noción solamente ideal, se ha vuelto una comunidad de destino y solo la conciencia de esta comunidad la puede conducir a una comunidad de vida. La humanidad es de ahora en adelante una noción ética: ella es lo que debemos realizar todos y en cada uno.

En realidad, la dominación, la opresión, la barbarie humana permanece en el planeta y se agrava. Una política del hombre, una política de civilización, una reforma del pensamiento, la antropoética, el verdadero humanismo, la conciencia de < tierra – patria > reducirían la ignominia en el mundo.

Finalmente Morín nos habla de que no tenemos las llaves que abran las puertas a un futuro mejor, pero podemos emprender nuestras finalidades: la continuación de la hominización en humanización, vía ascenso a la ciudadanía terrestre. Para una comunidad planetaria organizada y termina haciéndose la siguiente pregunta: *¿No sería esa la misión de una verdadera Organización de las Naciones Unidas?*

Haydée Avilés Anaya. Maestría en Calidad por la Universidad La Salle Noroeste. Candidata a Doctora en Enseñanza Superior por el Centro de Investigación y Docencia en Humanidades del Estado de Morelos. Comisionada de la Carrera de Ingeniería en Sistemas de Calidad. Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: havilesanaya@gmail.com.