

I/702

BERMEJO

AYUDAS 91

UN EJEMPLO DE APLICACION DEL METODO CIENTIFICO EN HIDROCORDODINAMICA PARA EL CONOCIMIENTO DE LOS PROCESOS HISTORICOS

Trabajo seleccionado para su financiación por el CIDE en la convocatoria de Ayudas a la Investigación Educativa de 1991

Madrid Noviembre 1992.



A-77.915



Grupo de trabajo interdisciplinar formado por:

María Jesús Bermejo Galán
José Ramón Cardona Pascual
Concepción Martínez López

Profesores Colaboradores:

Soledad Dominguez Lobatón
María González Fernández
Rosalía Muñoz Fonseca
Carmen Peña Pita.

Nuestro agradecimiento a los alumnos:

2º de BUP: Javier Pérez . Guillermo Yañez. Sergio Sánchez.

3º de BUP: Marcos Guijarro. Luis Díez.

COU: Javier Susmozas. Ignacio Municio. José Márquez

Alumnos de 3º de BUPde Informática y Medios Audiovisuales.

Ilustraciones: Orenes Ponzoa (COU)

DIRECCION:

María Jesús Bermejo Galán

INDICE

1. INTRODUCCION	
2. OBJETIVOS GENERALES	5
3. MARCO HISTORICO	8
3.1. <i>Cómo surgió la idea</i>	10
3.2. <i>El Megalitismo y sus problemas</i>	11
3.2.1. <i>La obtención de los bloques.</i>	14
3.2.2. <i>El proceso de traslado. Hipótesis de trabajo</i>	18
3.2.3. <i>El arrastre y el levantamiento.</i>	19
3.3. <i>El Neolítico: Diferentes teorías sobre el megalitismo: Obermaier, Gowland.</i>	25
3.4. <i>La cronología de los megalitos</i>	31
3.5. <i>Notas al texto histórico</i>	33
3.6. <i>Indice de ilustraciones</i>	34
4. CARACTERISTICAS BOTANICAS GENERALES DE LOS MATERIALES EMPLEADOS Y DE SUS FIBRAS.	36
4.1. <i>El yute</i>	37
4.2. <i>El esparto</i>	40
4.3. <i>El algodón</i>	42
4.4. <i>La pita</i>	45
4.5. <i>El cáñamo</i>	47
5. PROCESO DE FABRICACION	50
5.1. <i>Preparación de la materia fibrosa</i>	51

5.2. <i>Fabricación de hilos</i>	52
5.3. <i>Fabricación de cuerdas: Torsión, trenzado</i>	53
6. <i>PROCESO BIOQUIMICO DE IMBIBICION DE LAS CUERDAS</i>	54
7. <i>EXPERIMENTACION EN LABORATORIO</i>	59
7.1. <i>Objetivos operativos</i>	60
7.2. <i>Desarrollo de la experiencia</i>	61
7.2.1. <i>Material utilizado</i>	61
7.2.2. <i>Cubeta de mojado</i>	61
7.2.3. <i>Preparación de las muestras</i>	64
7.2.4. <i>Mojado de las cuerdas</i>	64
7.2.5. <i>Recogida de datos</i>	66
7.3. <i>Resultados obtenidos: Tablas y gráficas</i>	67
7.3.1. <i>Cáñamo</i>	68
7.3.2. <i>Pita</i>	74
7.3.3. <i>Esparto</i>	82
7.3.4. <i>Algodón</i>	88
7.4. <i>Conclusiones generales</i>	95
7.5. <i>Aplicación de la experiencia</i>	97
7.6. <i>Prolongación y ampliación de la experiencia</i>	98
8. <i>CONSIDERACIONES FINALES</i>	100

1. INTRODUCCION

INTRODUCCION

" En el año 41 de nuestra era, no sabemos cómo, se transportó un antiguo obelisco egipcio, desde Heliópolis hasta Roma, para ser instalado en el circo de Nerón. En 1586, este mismo monolito, cuyo peso alcanza las 312 toneladas, fue trasladado a su actual emplazamiento en la Plaza de San Pedro. Durante los trabajos estaba prohibido, bajo pena de muerte, pronunciar una sola palabra por parte de los obreros. A pesar de ello en el momento crítico en que el obelisco estaba a punto de alcanzar la verticalidad en su nuevo emplazamiento, un obrero arriesgó su vida al gritar : "¡Las cuerdas, agua a las cuerdas!", cuando éstas amenazaban con romperse. Las cuerdas tras haber sido mojadas abundantemente, no sólo no se rompieron, sino que experimentaron una asombrosa contracción, consiguiendo ellas solas que el monumento alcanzara la verticalidad deseada. "

*De la revista Historia y Vida, nº 197 pág. 67
Autor del trabajo: Guillermo F. Piedrabuena.*

Cuando terminamos de leer este artículo nos vino a la memoria un recuerdo de la niñez. En verano solíamos ir de camping con una tienda de campaña hecha en casa: tela de algodón y las cuerdas de los vientos de fibra natural. Sabíamos, sin preguntarnos por qué, que debíamos aflojar los vientos en caso de lluvia para que la tienda no se desgarrara.

Es de todos conocido el hecho de que las cuerdas de fibra natural aumentan su resistencia y al mismo tiempo encogen cuando se mojan. El encogimiento, en el caso de que la cuerda esté tensa, produce un aumento de tensión. ¿Cómo medirla? ¿Esta tensión depende de la longitud y grosor de la cuerda, de su naturaleza?.

¿El aumento de tensión es inmediato o por el contrario, varía lentamente con el tiempo de mojado?. ¿Cómo actúa la molécula de agua en la celulosa para que la cuerda se tense más?. ¿Será cierta la hipótesis de que esta fuerza pudo ser aprovechada para arrastrar y levantar grandes piedras?.

Dar respuesta a estas preguntas es uno de los objetivos de nuestro trabajo.

Otro objetivo es mostrar un ejemplo no sólo de aprendizaje de contenidos, sino también de principios, de procedimientos y de actitudes mediante el estudio de un fenómeno, que por la sencillez y simplicidad de montaje, está al alcance de cualquier alumno de edad comprendida entre 14 y 16 años.

Con estos supuestos empezamos a trabajar un grupo de profesores del I. B. Ciudad de los Poetas, pertenecientes a los Seminarios de Ciencias Naturales, Física y Química, Historia y Video. Al trabajo se han incorporado alumnos de BUP y COU, así como los alumnos de tercero que cursan la asignatura de Medios Audiovisuales e Informática, son ellos los encargados de tomar y montar la experiencia en vídeo y colaboraren la informatización de los datos.

Independientemente de los resultados finales del trabajo, en cuanto a que la comprobación de la hipótesis histórica sea afirmativa, creemos que la experiencia que hemos realizado es sumamente positiva.. Hemos hecho planteamientos globalizadores de un fenómeno, conscientes de que un hecho, por sencillo que sea, puede estudiarse desde varios puntos de vista o disciplinas. Pretendemos contribuir a que el alumno adquiera una enseñanza -aprendizaje globalizadora.

Con este ejemplo sencillo de investigación, sugerido al estudiar la Prehistoria, el alumno se enfrenta con dificultades que van desde cómo mojar las cuerdas, diseño de una cubeta de mojado, seleccionar las variables que quiere medir e investigar su relación, hasta la necesidad de recabar todos aquellos conocimientos imprescindibles para poder aplicar el método científico. Por necesidad aprende a manejar balanzas, calibres, dinamómetros, cronómetros..., a relacionar los valores de las distintas magnitudes que intervienen en el fenómeno y llegar así al posible establecimiento de leyes y teorías.

Los alumnos participantes se han informado sobre los vegetales de los que se extraen las fibras para la fabricación de las cuerdas utilizadas, sus características botánicas principales, las zonas y climas más idóneos para el cultivo de cada una; estación más adecuada para su recolección y cómo estos factores influyen decisivamente en la calidad de las fibras, utilizándose posteriormente para distintos usos industriales.

Se comenta la constitución celulósica de las fibras y cómo actúa la molécula de agua en la imbibición de las cuerdas, así como el proceso industrial de fabricación de cuerdas naturales y unas prácticas sencillas de laboratorio de microscopía sobre algunas particularidades de las fibras vegetales.

2. OBJETIVOS GENERALES

OBJETIVOS GENERALES

- 1. Fomentar la investigación con experiencias sencillas para la comprobación de una hipótesis.*
- 2. Conocimiento del método científico. Su aplicación de forma ordenada y racional en todos los pasos del mismo.*
- 3. Destreza en los aparatos de medida necesarios para llevar a cabo la investigación.*
- 4. Llegar a conclusiones a partir de los datos obtenidos experimentalmente.*
- 5. Capacitar o adquirir cierta destreza para solventar problemas que pueden surgir a lo largo de cualquier investigación, por pequeña y simple que ésta sea.*
- 6. Extensión de las conclusiones del trabajo a otras áreas (Ciencias Naturales Física y Química, Historia...)*
- 7. Impulsar la actividad investigadora del profesorado a partir de la práctica docente.*
- 8. Buscar la metodología activa que acerque la participación de los alumnos en el proceso enseñanza-aprendizaje.*
- 9. Hacer ver al alumno las implicaciones directas que cualquier investigación trae aparejada a la vida cotidiana, así como la importancia de la investigación para obtener nuevos materiales de características más ventajosas.(cuerdas de fibra artificial, frente a las cuerdas de fibra natural)*
- 10. Relacionar distintas áreas (Física, Química, Ciencias Naturales, Historia, Audio visuales). Pretendiendo buscar un método de enseñanza globalizador y comprensivo.*

3. MARCO HISTORICO

3.1. COMO SURGIO LA IDEA DE ESTE TRABAJO

Es difícil precisar el momento en que un trabajo de investigación pasa de ser un tema de conversación, a tomar una forma concreta.

Es difícil, porque el proceso es lento, porque las dificultades son muchas, y a veces, parece que insuperables, y porque una vez solucionadas se plantea uno la practicidad de todo lo que tiene en la cabeza.

Todas estas etapas fueron quemadas por un grupo de compañeros que, en este momento hemos olvidado cuando fué la primera vez que discutimos la forma en que nuestros antepasados del Neolítico pudieron arrastrar los grandes bloques de piedra del dolmen de Soto en Huelva.

Una vez formulada la pregunta cada uno puso su dificultad inicial. Para los historiadores el arrastre humano era inviable ya que se conoce bastante bien el número medio de adultos que forman una horda neolítica. Los de Física no podían aceptar el arrastre por un plano inclinado ya que el peso que sobre cada cm cuadrado de tierra apisonada ejercen los bloques de piedra hacía imposible este sistema. Alguien de entre nosotros dijo ¿COMO NO SEA MOJANDO CUERDAS?..

¿MOJANDO CUERDAS?... Cada uno daba su opinión, poco a poco la idea se fué abriendo paso. Nada podíamos decir en contra, todo un mundo de posibilidades se nos abría en ese momento... Así que mojando cuerdas... Nada se oponía en principio ya que

- La zona es endorreica y por lo tanto...*
- Las fibras vegetales abundan en la región*
- La torsión se conocía*
- El deslizar los bloques sobre troncos era posible*
- La grasa animal ayudaba en el deslizamiento*
- Todo esto podía hacerse con pocas personas.*

¿Qué más necesitaban los hombres del Neolítico para poder llevar a cabo la empresa? TIEMPO y esto era lo que realmente les sobraba. Todo el tiempo del mundo a su disposición en un momento de la Historia de la Humanidad donde la ley de la aceleración histórica aún no pesaba agobiando al hombre.

Así que este pequeño grupo de hombres que en el aculadero de Huelva intenta desplazar a 38 kilómetros de distancia un volumen de piedra de unos 50 metros cúbicos con un peso calculado de unas 100 tm., pudieron tener conocimiento de que las cuerdas encogen al mojarse y aprovecharse de esta fuerza generada por el encogimiento para usarla como medio de tracción.

Estas primeras conversaciones solo quedaron en eso, en un tema interesante para tratar en horas sueltas. de vez en cuando alguien decía ¿os acordais de aquello de los bloques de piedra? pues he leído que....

Así pasaron unas semanas hasta que tuvimos conocimiento de la convocatoria del CIDE en que se nos animaba a la investigación en la Enseñanza Secundaria.

El trabajo era adecuado, investigaríamos en el laboratorio esta posibilidad, a la vez que una vez más aplicábamos el método científico a los procesos de investigación histórica.

Unas cuerdas mojadas en una cubeta experimentaron tracción.

Dar forma al trabajo para su presentación fué lo más fácil. Todos estábamos seguros de su viabilidad.

En Historia se encargarían del estudio del Megalitismo, En Física de fabricar unas cubetas especiales y de conseguir una mínima infraestructura técnica. En Ciencias Naturales de explicar el proceso de imbibición de las fibras vegetales y en Imagen harían un proyecto de filmación de todo el proceso

De esta forma cuatro áreas diferentes fueron implicadas en un proyecto interdisciplinar que además podía arrastrar a un número interesante de alumnos en una investigación que se había de efectuar en laboratorios, bibliotecas y aulas, y cuyos objetivos finales se podían reducir a algo tan simple como desterrar para siempre de la mente de los alumnos (y puede que de alguno de nosotros) aquello que tantas veces hemos oído de: - ¿Pero para qué sirve la Historia? ¿Para qué quiero estudiar Física si soy de Letras?

A ninguno se nos ha ocurrido ni por un momento que podíamos hallar la solución a un problema que ha traído de cabeza a la Arqueología de todos los tiempos, ni hacer la luz en un enigma que hasta el momento parece haber desafiado a la ciencia moderna. No se nos ocurrió porque nuestro objetivo es más ambicioso porque, ni más ni menos que nos hemos propuesto hacer realidad el difícil concepto de interdisciplinaredad real que cada día nos planteamos los profesionales de la Enseñanza en su nivel medio.

Esta es la génesis de la idea de trabajo, y estos son los objetivos didácticos que nos propusimos.

Planteado el trabajo y nuestras necesidades para llevar a cabo los objetivos operativos

fué lo que nos hizo acudir a la convocatoria a la que se ha hecho alusión anteriormente. La respuesta a nuestras esperanzas nos vino en el B.O.E., donde vimos nuestro proyecto oficialmente aceptado (4).

El presente trabajo recoge el esfuerzo de estos meses de reuniones, horas de laboratorio y de investigación.

Somos conscientes de que no vamos a ser capaces de reflejar en él el momento en que nuestros alumnos (y los más escépticos de nosotros) vimos subir un pequeño carrito por una rampa arrastrado por la tracción de unas cuerdas mojadas en una cubeta casera. En nuestra imaginación la historia heroica de unos hombres en lucha contra algo que parecía superior a sus fuerzas había vuelto a ser ganada.



3.2. EL MEGALITISMO Y SUS PROBLEMAS

Antes de comenzar este trabajo, hemos de decir que siguiendo las lecciones de CRISTOFHER CHIPPINDALE,(1) no hemos hecho caso de rumores,hemos olvidado todas las teorías seductoras que se han publicado y hemos intentado hacer nuestro trabajo basándonos sólo en la propia experiencia, en lo que hemos comprobado por nosotros mismos, en el trabajo del laboratorio y finalmente en las opiniones que emanaron de personas dignas de crédito.

Hemos decidido empezar nuestro trabajo con una declaración de intenciones que, a algunos puede parecer solemne, porque las grandes construcciones megalíticas son un acertijo con muchas caras que aún sigue sin resolverse. Durante siglos, personas de todo tipo se han acercado a ellos intentando leer en sus piedras un mensaje que les hable de otras gentes, otras formas de vida y, hasta en ocasiones, de otras galaxias.

En el fondo, cada uno ha intentado ver en esas construcciones la confirmación de sus propias teorías sobre como debió ser la vida en el pasado más remoto, por eso algunos ven en ellas la expresión en piedra de unos rituales sacralizados, otros la raíz misma del origen de su patria y, hasta incluso hay quien ve la expresión de unas civilizaciones superiores que están ahí de forma latente esperando el momento de ponerse en contacto con civilizaciones de otros planetas

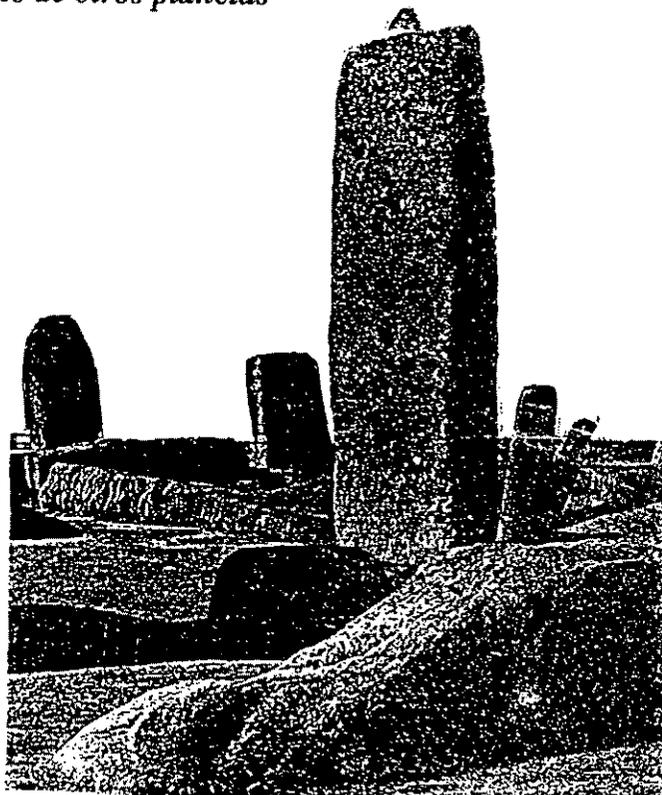


Fig. 1

Esta es la forma en que las grandes construcciones megalíticas se han escapado a veces de las manos de los prehistoriadores y arqueólogos para pasar a las de los brujos, astrónomos, nigromantes.....y llenar el ámbito mental del mundo de la fantasía.

Pero ahí están, siguen en pie, medio hundidas en la tierra, son un pequeño milagro con el cual un grupo de profesores de Enseñanza Media vamos a intentar el más grande de los milagros, que es VER ALGO, ENTENDERLO, Y SER CAPACES DE TRASMITIRLO A LOS DEMAS DE FORMA CLARA Y SENCILLA.

¿No es este el milagro que intentamos cada día?

Este es el tema que queremos abordar de forma interdisciplinar, en un trabajo que implique áreas de conocimiento tan diversas como La Física, la Química, Las Ciencias Naturales, La Historia, La Música y la Imagen, un grupo de profesores con algunos de nuestros alumnos en un trabajo de investigación que se enmarca en un currículo abierto de enseñanza.

Hemos escogido, dentro de las grandes incógnitas que nos ofrecen las construcciones megalíticas, aquellas que se refieren a su traslado y arrastre desde las canteras hasta el sitio en que nosotros las encontramos y los medios de que se valieron los hombres, para que, una vez allí, pudieran levantarlas a determinadas alturas.

La dificultad inicial arranca en el hecho de que, en nuestros días, son difíciles de imaginar los medios y los recursos empleados hace cuatro mil años, para remover, tallar, para construir esas maravillas que llamamos MEGALITOS

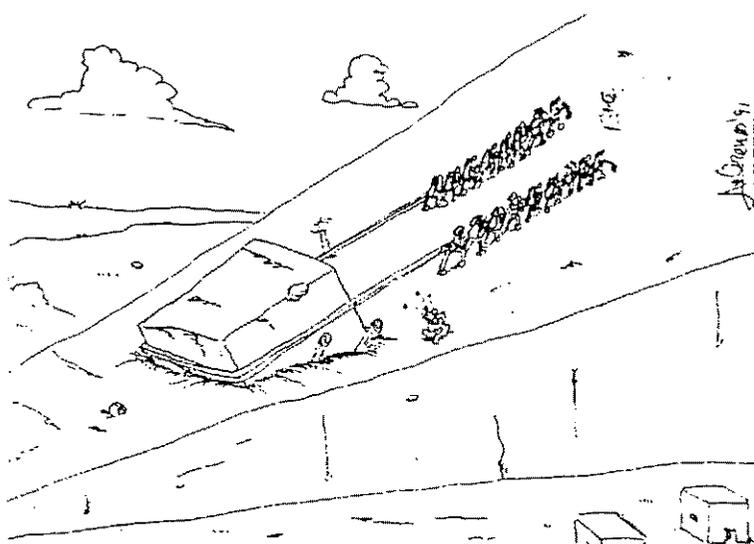


Fig. 2

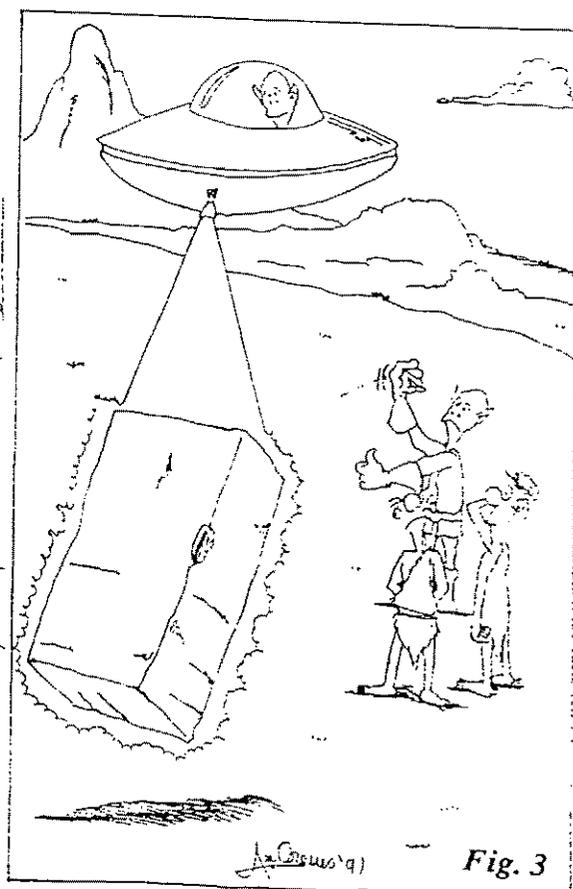


Fig. 3

Que este problema estuvo siempre en la mente de los historiadores nos lo demuestra el hecho de que Thomas Arnold en el siglo XIX (1.879) recoge unos textos escritos en 1.130 por un archidiácono de Lincoln llamado Henry de Huntington, en los que intentando remontarse a los orígenes de la Historia de Inglaterra estudia los megalitos de Stonenhenge y los describe de la siguiente manera:

“Stonehenge, donde se han levantado piedras de maravilloso tamaño a la manera de portales, de tal manera que dan la impresión de que se ha levantado un portal sobre otro; y nadie es capaz de imaginar cómo se han podido alzar tales piedras o por qué motivo se alzaron allí...” (2)

“En ese lugar hay una construcción de piedra que nadie de esta época podría levantar, excepto a fuerza de una combinación de habilidad física y artística. Las piedras son enormes y no hay ser vivo que tenga la fuerza suficiente para moverlas.....Hace muchos años los gigantes las llevaron desde los confines más remotos de Africa para hincarlas en Irlanda cuando habitaron esta isla, pero para hincarlas allí necesitaron el auxilio de Merlin el gigante....”

Este segundo párrafo es de una Historia de los Ingleses escrita por Geffrey hacia 1136 y es la que dio pie a todas las leyendas del rey Arturo. Continúa como sigue:

“Cuando el rey de Irlanda vio las piedras y la manera en que se levantaron, sintió gran duelo y dijo para sí que nadie podría apartarlas de allí, que no había fuerza ni máquinas ni tan grandes ni tan largas, pero Merlin con su habilidad las llevó de allí a los barcos y volvió con ellas a estas tierras....” (3)

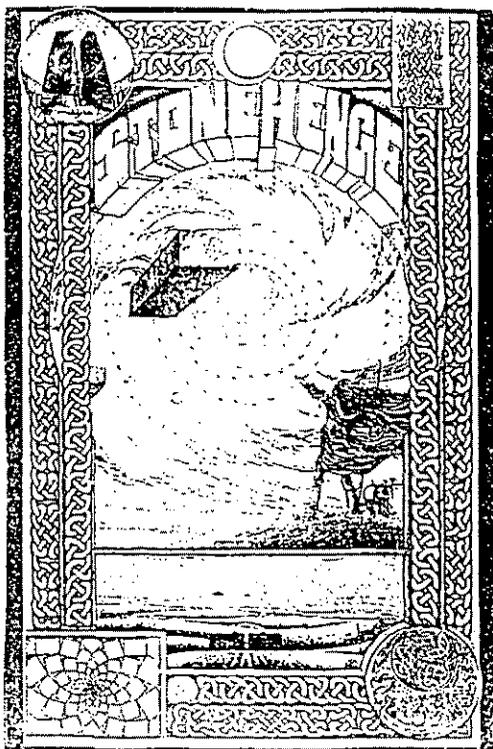


Fig. 4



Fig. 5

Intentar, en un modesto laboratorio, buscar una respuesta a un enigma, cuya explicación ha sido una de las máximas aspiraciones de la Arqueología de todos los tiempos,, no es más que un ejemplo más de esa maravillosa aventura que anónimamente se emprende cada día en muchas aulas del mundo, y que conocemos con el nombre de ENSEÑANZA.

Las toneladas de piedra que mantienen su verticalidad o su horizontalidad siguen ahí, desafiando el paso de los siglos y al ingenio humano y siendo la prueba palpable de que sus constructores, careciendo de los más elementales medios mecánicos, supieron llevar a cabo unas obras descomunales sobre las que aún nos preguntamos, sin poder descifrar su enigma.

Nuestro trabajo, durante el curso 1.991-92 ha ido encaminado a plantear teóricamente una hipótesis convincente y, una vez enunciada, intentar demostrar su viabilidad en el laboratorio, pero, sin darnos cuenta, hemos entrado en un ámbito mucho más trascendente con dos facetas

A) La de comprobar que estos hombres a los que la ciencia daba unas cotas de inteligencia muy bajas, fueron mucho menos “cortos” de lo que pensábamos y

B) La de comprobar, esta vez sorprendidos, la enorme capacidad de fascinación que la investigación tiene en unos adolescentes a los que también tendemos a considerar “cortos” en sus intereses.

*La idea de negar capacidad creadora al hombre del Magdaleniense, llevó a los prehistoriadores de los primeros años del siglo a negar la autenticidad de las pinturas de Altamira y, en nuestros días, a hacer admitir a científicos de un determinado prestigio el hecho de la presencia de seres algo así como de otras galaxias, como artífices de obras como la de STONEHENGE, antes de aceptar el hecho de que el hombre, en cualquier etapa de su desarrollo, es capaz de generar los recursos necesarios como para conseguir **QUE NO HAYA GRANDES PROBLEMAS, SINO GRANDES SOLUCIONES.***

3.2.1. LA OBTENCION DE LOS BLOQUES

Las grandes lajas de piedra se obtenían fácilmente por procedimientos que estaban al alcance de sus pobres medios tecnológicos y que son fácilmente comprobables por la arqueología ya que podían aprovechar, como efectivamente hicieron, las grietas (diaclasas) de las montañas terciarias de su entorno e introduciendo en ellas astillas triangulares de madera usar el poder de expansión de la celulosa para hacer saltar los bloques, obteniendo así el tamaño deseado.

En algunos yacimientos de Menorca hay evidencias de que también pudieron excavar los bloques por su base después de haberlos aserrado en profundidad, pero este sistema no ha tenido la comprobación práctica de cómo pudieron llevar a cabo el proceso de cortar la piedra sin instrumentos metálicos

Esta parte del proceso, así como el posterior tratamiento en cantera con el pulimento con alisadores de piedra abrasiva, han sido perfectamente comprobados en laboratorios y talleres arqueológicos, pero sobre todo el proceso planea el fantasma del peso que, dando una densidad a la piedra entre el 2 y el 2,8 de peso específico parece hacer inviable cualquier procedimiento de traslado.



Fig. 6

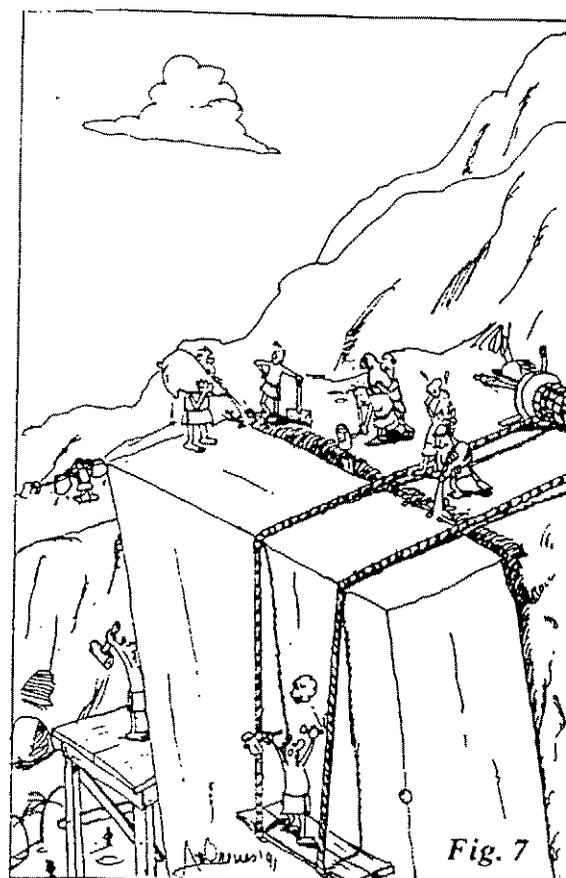


Fig. 7

3.2.2. EL PROCESO DE TRASLADO

El arquitecto prehistórico de hace cuatro milenios, contaba, para su trabajo, con unas técnicas procedimentales y unos medios muy rudimentarios. Entre ellos no figuraban aún ni la rueda, ni la polea, ni el cabestrante que hoy nos parecen imprescindibles para su trabajo.

Así que contando con:

- La palanca*
- El torniquete*
- El rodillo*
- La harria o trineo*
- Las cabrias de dos y tres pies*
- Las plataformas de troncos*
- Las maromas*
- y el agua*

creemos que hicieron posible la maravilla de los megalitos.

De todos estos elementos son las cuerdas con su capacidad de :

- Torsión*
 - Resistencia*
 - Capacidad para absorber agua*
 - Capacidad de encojer con la humedad*
- el objeto de nuestro análisis en el laboratorio.*

Así que apoyándonos en reproducciones del arrastre de enormes esculturas y bloques de piedra que se conservan en templos egipcios y mesopotámicos, contemporáneos a los megalitos que nos ocupan, nos animaron a formular las siguientes hipótesis de trabajo.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Dado que conocemos científicamente:

- *La escasez de mano de obra en estas comunidades neolíticas*
- *Los medios técnicos de que disponían*
- *La importancia del trenzado de cuerdas en estas etnias*
- *El hecho cierto del arrastre y levantamiento posterior de grandes masas de piedra*

Solo nos queda una explicación científica que, basándose en el hecho de que :

- *Es la celulosa un componente básico en las fibras vegetales de lino, cáñamo, yute, esparto, carrizo, enea....*
- *La celulosa es una sustancia altamente permeable*
- *Esta cualidad le hace absorber una gran cantidad de agua*
- *Este proceso genera una fuerza motriz que puede aprovecharse para el arrastre de grandes pesos,*

Queremos comprobar si es posible llegar a la conclusión de que fue aprovechando esta fuerza de contracción como se pudieron arrastrar primero y levantar después las masas de piedra.

Si esta hipótesis de trabajo resulta afirmativa, podríamos preguntarnos:

¿Fue un proceso demasiado lento?. Puede que sí, pero lo único que estos hombres tenían en cantidades ilimitadas era eso: el tiempo.

Nuestro trabajo consiste en comprobar en el laboratorio el valor potencial de estas cuerdas tratadas con agua y elaborar una fórmula que lo relacione con:

- *La clase de fibra empleada*
- *Su grosor*
- *Su longitud*

Y a partir de esta formulación ver si es factible aplicarla al arrastre de un peso y explicar así, de una manera lógico-científica un aspecto de la vida de nuestros antepasados.

Históricamente, nuestro apoyo documental está en:

- *los relieves egipcios*
- *Los frisos mesopotámicos*

- En las tribus de la Isla de Pascua
- En la forma en que los romanos arrastraron los obeliscos egipcios.
- En la manera en que los constructores de catedrales, subían las campanas a la cima de sus torres
- En el comportamiento de aquellas etnias que, en nuestros días viven en un estadio cultural parecido al de nuestros hombres neolíticos.

En todos estos documentos gráficos están las cuerdas presentes como denominador común para el arrastre y la elevación de masas.

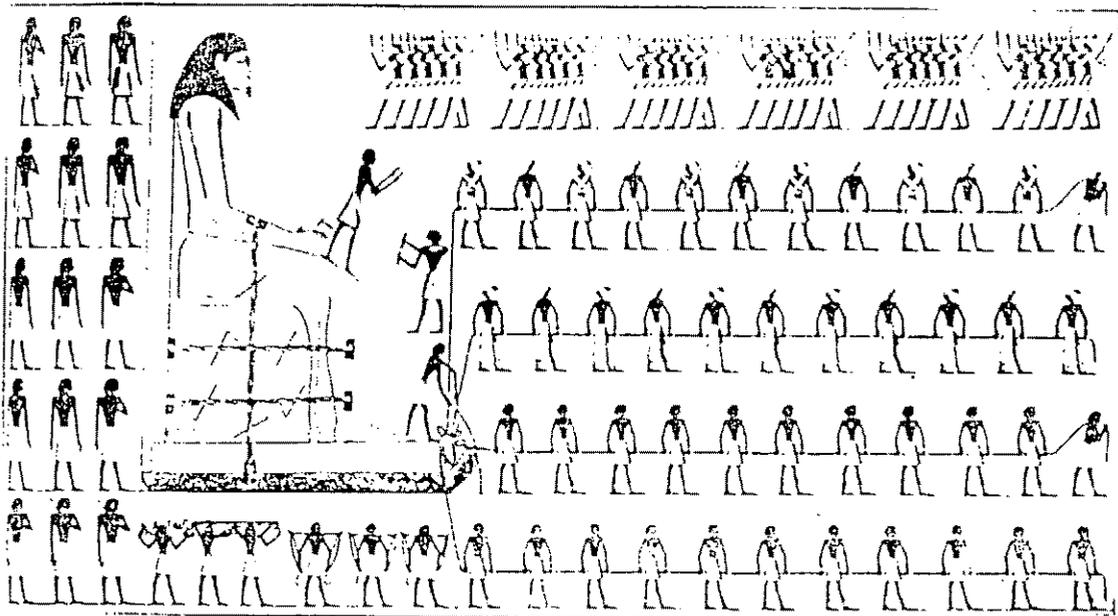


Fig. 8

3.2.3. EL ARRASTRE

Se debió hacer empleando un sistema combinado que aunaría la potencia de las cuerdas al encoger y una rudimentaria balanza construida con:

- Los brazos de cuerda
- Una cabria de dos brazos como punto de apoyo
- Una plataforma de arrastre para el bloque
- Una plataforma elevada donde almacenar las piedras que harían deslizar al bloque sobre la plataforma de troncos.
- Este es el momento que hay que hacer coincidir con el del encogimiento de las fibras al mojar las cuerdas.

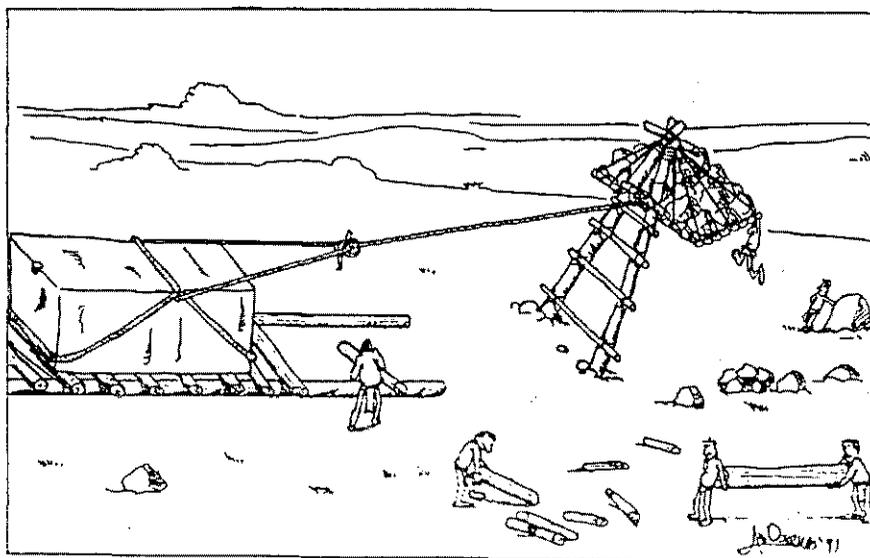


Fig. 9

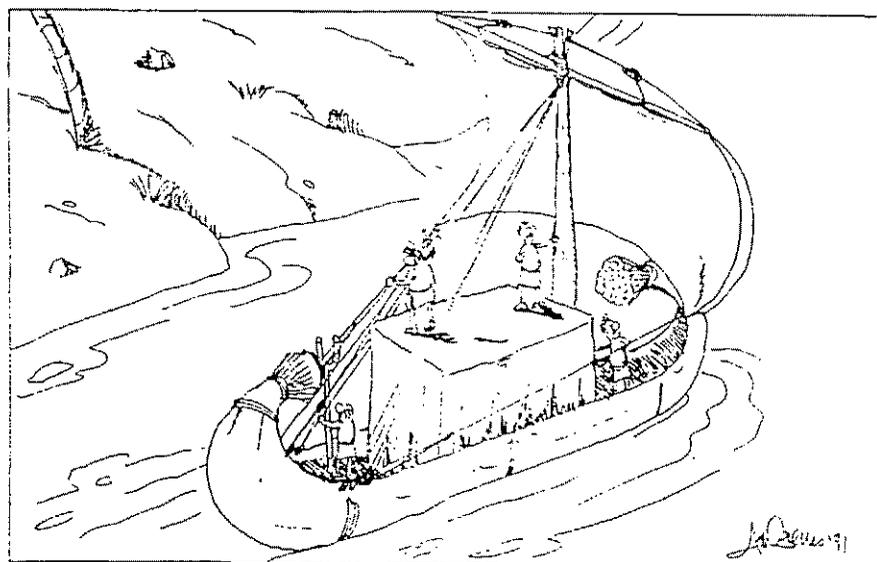


Fig. 10

Si en vez de una cabria usaron el esfuerzo combinado de tres, con una fuerza de arrastre convergente nos preguntamos

¿SERIA POSIBLE QUE UN BLOQUE DE MAS DE CINCUENTA TONELADAS CAMINARA DE 100 A 200 METROS AL DIA?

Esta es la manera en que las grandes piedras del dolmen de SOTO pudieron recorrer en unos seis meses los 38 kms. que los separaban de su cantera hasta su emplazamiento.

EL LEVANTAMIENTO es más simple, porque les bastó con armar un sencillo trípode de troncos por encima del lugar donde querían situar el bloque de piedra, una vez allí darle la máxima torsión con el torniquete y una vez bien atado con ellas el bloque a subir, mojarlas y esperar a que la fuerza de tracción producida por el encogimiento de la cuerda, levante el bloque.

Pocos hombres son necesarios para montar una almadía de troncos con la que impedir que el bloque de piedra descienda.

El proceso se repetirá hasta que esté situado el bloque en su sitio pudiendo, incluso articular un sistema de machihembrado que aumente la estabilidad del bloque como es el caso de los constructores de Stonehenge.

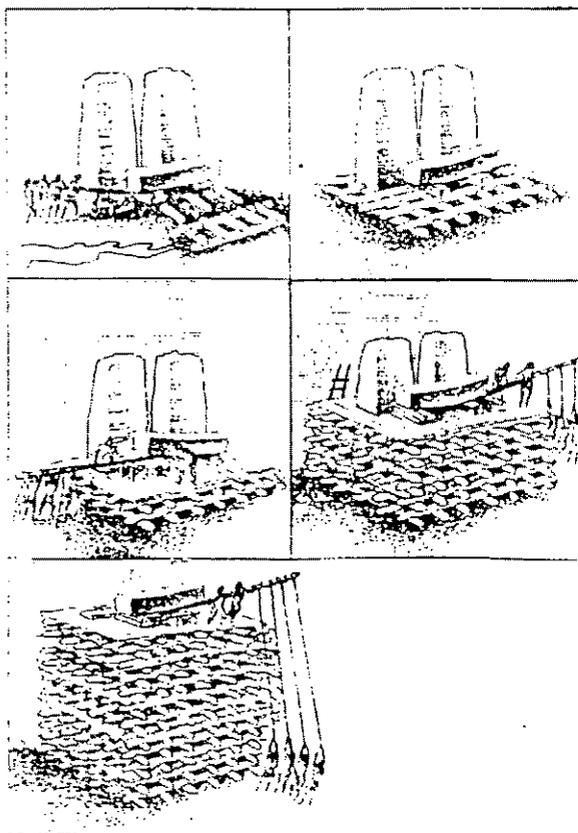


Fig. 11

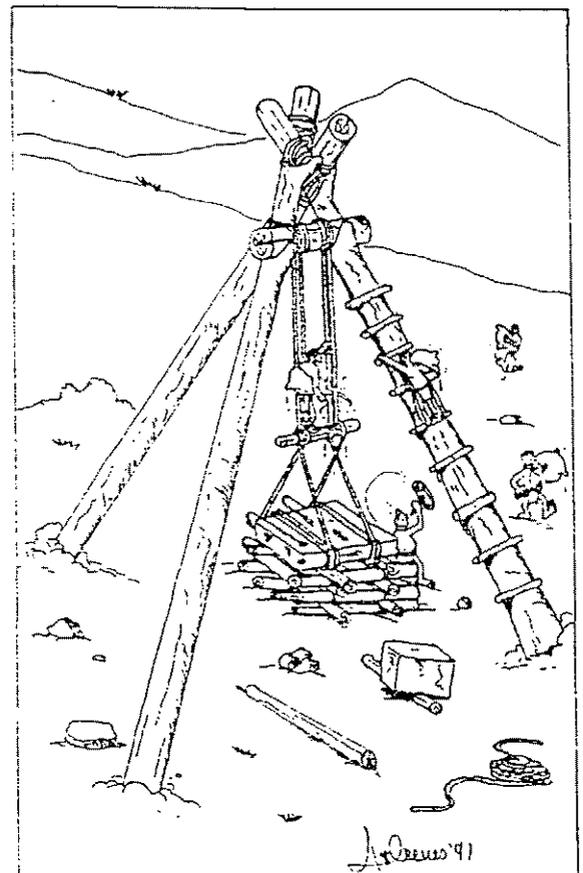


Fig. 12

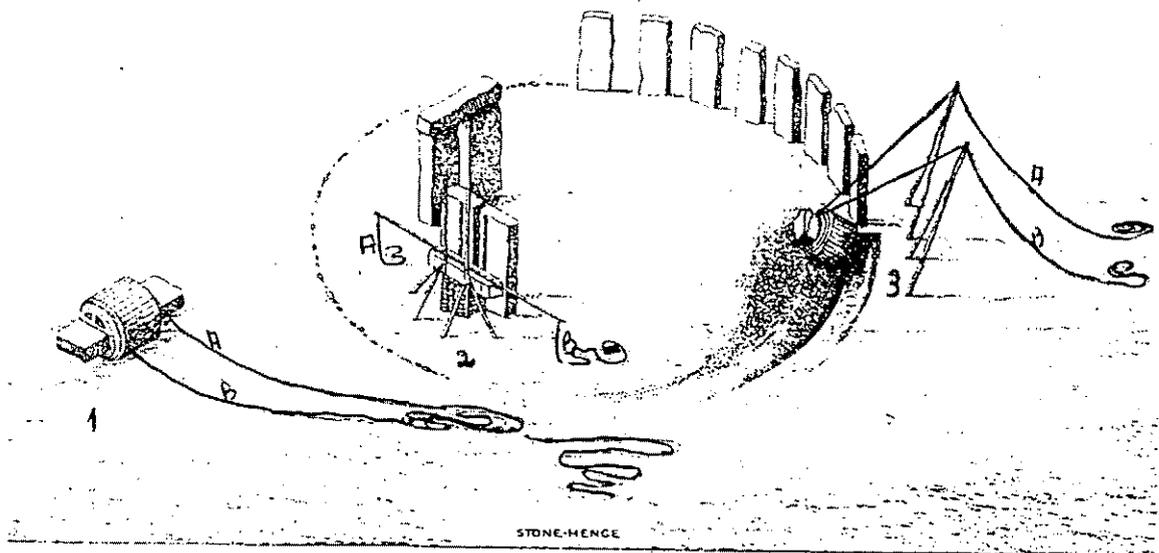
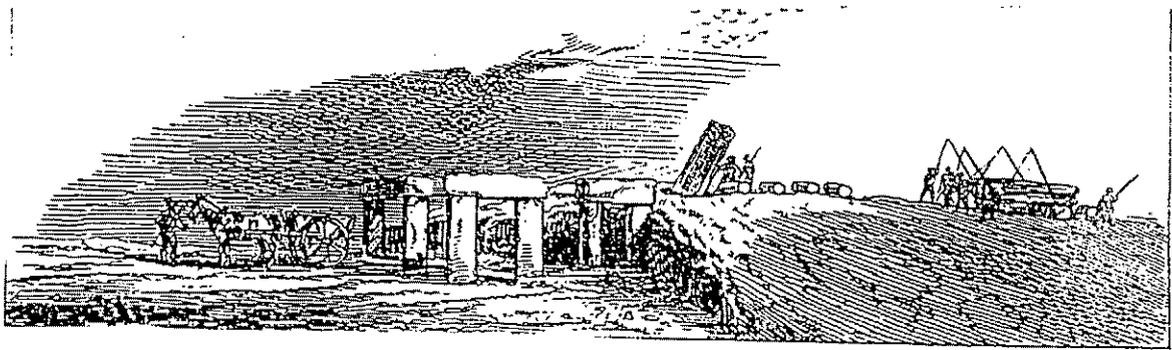


Fig. 13



Estas dos ilustraciones del s. XIX, tienen el encanto de la imaginación, pero no responden, en modo alguno, a ningún presupuesto de tipo científico, que no puede admitir la existencia de tracción animal suficiente como para arrastrar y levantarlos bloques de STONEHENGE, ni las ruedas que aparecen en los dibujos, que aún tardaran algunos siglos en hacer su aparición en la historia de la tecnología.

Contemporáneo a los dibujos de la parte superior, es este realizado en Francia, donde la HIDROCORDODINAMICA aparece con toda claridad en un proceso de encogimiento de maromas de fibra vegetal lo bastante claro como para alejar de los prehistoriadores cualquier tentación acientífica.

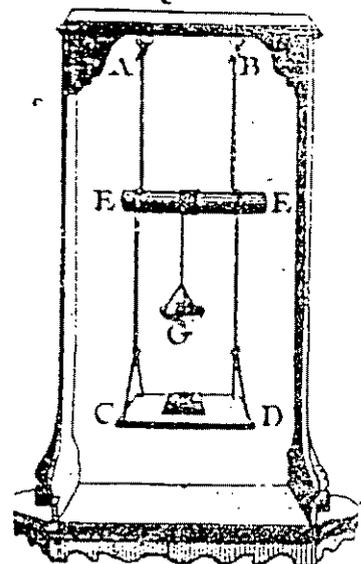


Fig. 14

3.3. EL NEOLITICO

Hay períodos en la historia de la Humanidad que de forma injusta quedan oscurecidos por el brillo de otras culturas que, coetáneas en el tiempo y cercanas en la geografía, han hecho que pasen desapercibidos, al menos aparentemente, períodos de la trascendencia del Neolítico.

Es verdad que los trabajos de A.Varagnac (5), Pía Laviosa Zambotti (6), Obermaier (7),Pellicer (8), y otros tantos,han intentado poner las cosas en su sitio y dar a este período su auténtico lugar en el largo camino del hombre hacia estados culturales más avanzados, porque al buscar los “hogares” del hombre neolítico, buscamos las raíces de las culturas occidentales de tal manera que, parafraseando a la Física elemental, podríamos decir que el grado de cultura de los pueblos actuales es inversamente proporcional al grado de cultura que los separa de esos “hogares” neolíticos.(9)

El Neolítico occidental hace aportaciones importantísimas a la historia de la Humanidad estilizando las figuras, dando un ritmo monocorde a la decoración de objetos, tejiendo las fibras vegetales y animales, pero sobre todo lanzando a las generaciones actuales el enigma del megalitismo que hoy consideramos como la primera escuela arquitectónica de occidente y cuyo significado aún está por esclarecer.

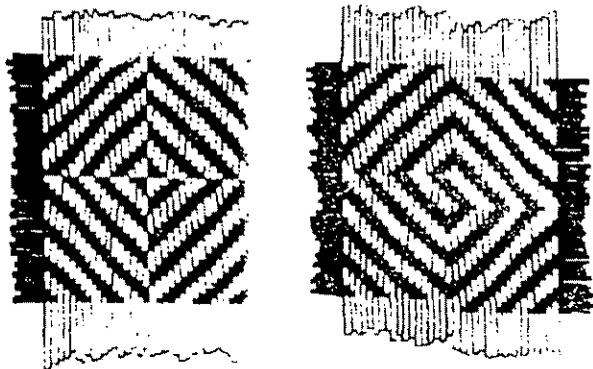


Fig. 15

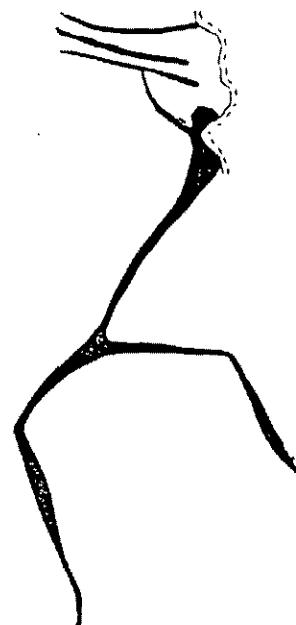


Fig. 16

Fue demasiado el tiempo que pasó sin que los hombres concedieran su atención a los megalitos. Miles de ellos fueron destruidos para ser reutilizados en construcciones posteriores. No nos es difícil imaginar a los constructores romanos pensando al desmontar la piedra superior de un dolmen....¿Pero cómo habrán podido subirla hasta aquí?

Hoy tenemos dos formas de acercarnos a estas enormes masas de piedra. La primera es teniendo en cuenta sus funciones originales. de esta manera las consideramos como casas para los muertos, testimonios de un hecho digno de ser conmemorado, o la puerta misteriosa de un mundo más allá de la muerte que les atemoriza.

La fertilidad, la caza o la lluvia fueron invocadas delante de sus piedras. En este sentido, todo megalito derrumbado debe ser reverenciado cómo uno de los vestigios más antiguos de nuestra civilización moderna y cómo el centro de un grupo humano muy reducido, que tiene un enterramiento colectivo que actúa como elemento de cohesión entre todos sus miembros que ven en el dolmen lo que los campesinos atlánticos de hoy ven en su pequeña iglesia parroquial.

Una segunda forma de acercamiento es la técnica.

¿Cómo fue posible el desplazamiento de esas inmensas masas de piedra?. Los verdaderos megalitos están contruidos con grandes bloques de piedra puestos en pie. Son los llamados ORTOSTATOS.

Vamos a seguir al arqueólogo Obermaier (10) en su estudio del dolmen de Soto en la provincia de Huelva para estudiar su teoría sobre la técnica empleada en el traslado de la piedra superior cuyo peso de unas 100 tm. fue arrastrado desde la localidad de Escalena a 38 Kms. de distancia.

Según Obermaier, el traslado se hizo por medio de rodillos y sobre pistas bien apisonadas “para evitar el hundimiento” y se tuvieron “que emplear centenares de brazos en equipos bien organizados”.

Esta teoría de Obermaier, que encontramos en autores de tanto prestigio cómo Cartahilac, Bosch Gimpera y otros tantos, entra en colisión con los estudios de P.Laviosa Zambotti, en que considera que la demografía de cada horda no supera los 50 adultos . Esta arqueóloga explica el fenómeno del arrastre y posterior colocación de los bloques de piedra mediante lo que ella llama CRATOFANIA o magia de la fuerza , teoría que puede servirnos de hipótesis para entender la actitud mental de estos hombres ante los inmensos bloques de piedra cuyo movimiento podía acercarlos a los dioses.

Es fácil imaginar que a medida que evoluciona la comunidad neolítica, lo hacen los megalitos y así del Menhir o “Piedra alzada” donde tienen su receptáculo las almas de

los muertos no enterrados (los ahogados en el mar), se pasa al dolmen y al cromlech y de afectar solo a los muertos, pasan a ser escenario de ceremonias de todo tipo y centro de la colectividad.

Su mayor complejidad y simbolismo lo hayan en los conjuntos regulares y complejos como el de Stonehenge (1.500 a.C.) donde las piedras pasan a tener un simbolismo que no han tenido antes y siguiendo las leyes de la Geometría y la regularidad nos reflejan nociones centro, círculo, ejes y ritmo en los que reconocemos la firma del genio humano.

No obstante después de examinar todas las teorías sobre el sistema de arrastre de estos bloques de piedra hemos decidido seguir las de dos de los más prestigiosos estudiosos del método de arrastre por tracción humana para luego compararlas con nuestra experiencia en el laboratorio.



Fig. 17

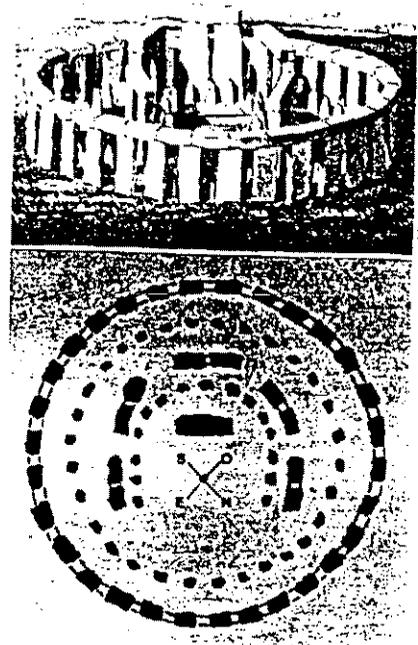


Fig. 18



TEORIA OBERMAIER

Fue enunciada tras una gran cantidad de estudios de campo, pero fundamentalmente después de sus trabajos en el dolmen de Soto (II) con la piedra de cabecera de 21 tm. de peso aproximado.

...”El arquitecto conservó una caja-foso suficientemente ancha como para albergar al dolmen, y aproximadamente tan alta como los monolitos verticales. Por un sistema de palanca y rodillos, y en rampa o declive largo, las piedras fueron levantadas hasta el borde superior de este foso y deslizadas a la zanja. Allí las losas fueron colocadas en posición vertical y calzadas en su base, puesto que casi todas tienen “zapatitas” o sea que están acuñadas en el suelo con cantos blancos voluminosos. Como es natural que durante estas maniobras primitivas se deshicieran y desviarán en gran parte las paredes blandas de la caja del túmulo, se construyeron detrás de los monolitos colocados, verdaderas murallas compactas de cantos y fragmentos de piedra pizarrosa entremezclada con arcilla y formando una masa muy dura.

Creemos que para tender las cubiertas, por lo general enormes, y para no arriesgar el hundimiento de las paredes, los constructores debieron rellenar, al final todo el interior del dolmen provisionalmente de tierra, piedras hasta cubrirlo, dejando fuera solamente los extremos de los monolitos y enrasando con esta superficie la tierra acumulada. Por último fueron colocados mediante semejantes procedimientos, las losas del techo y todo el monumento recubierto de una espesa capa de tierra”.

Queda bastante claro que Obermaier no entra en:

- La fuerza que se aplica en el extremo de la palanca
- Cómo se colocan las losas en posición vertical
- Cómo se suben estas por las rampas, ya que alude a “semejantes procedimientos”
- Tampoco explica de dónde salen los “centenares de brazos” a los que hace alusión en otro párrafo del mismo texto.

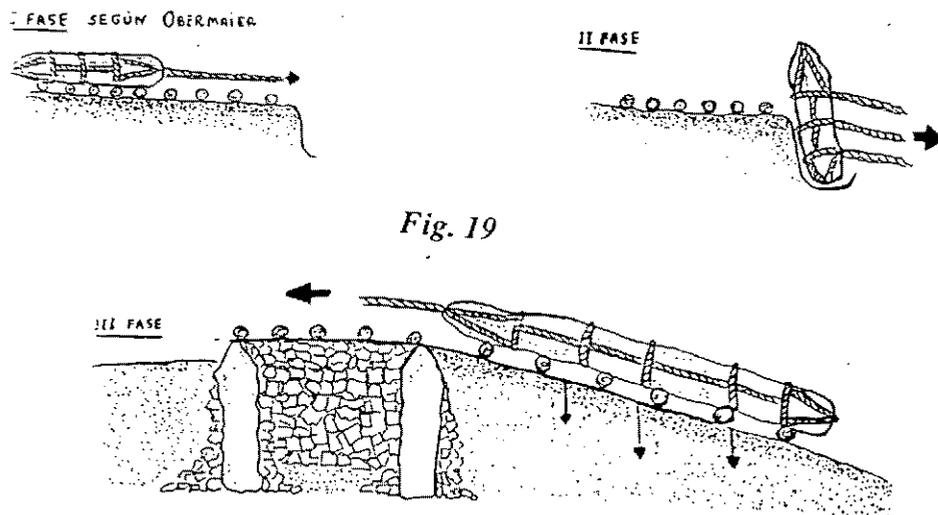


Fig. 19

TEORIA DE GOWLAND

William Gowland, miembro de la Real Academia de Minas de Kensington Sur, fue nombrado arqueólogo supervisor de la excavación de STONEHENGE en 1.901 por la sociedad de anticuarios de Londres de la que era miembro a la vez que experto en metalurgia primitiva.

Gowland fue encargado del estudio de la piedra 56 del monumento, única del gran trilito que quedaba en pie pero que contaba entonces con la peligrosa inclinación de 60°.

El arqueólogo diseñó una especie de cuna de madera para poder excavar en la base de la piedra y su informe (que fue leído ante un gran auditorio en Londres en 1.901) aportó más al estudio del monumento que todo lo hecho hasta entonces. (12)

No vamos a entrar ni en el informe técnico, ni en el petrográfico, pero sí en lo que dice respecto de la primera fase de la construcción, o sea en el transporte de las piedras desde las colinas de Malborough hasta su emplazamiento en Stonehenge. Tomó como modelo el transporte de piedras en el antiguo Egipto, teniendo (en nuestra opinión) el fallo de no haber hecho el estudio de la demografía de la región en el tercer milenio a. C., ya que de esta manera le hubiera sido difícil explicar el hecho de que para levantar los bloques de piedra e introducir unos troncos bajo ellas para el arrastre, no pudo contar con la tracción humana, sino con una tecnología que, no por rudimentaria, dejaría de ser eficaz.

“Así descansando sobre un marco de gruesos maderos, el bloque de piedra era empujado hasta quedar yacente en la rastra. Luego tandas de hombres tiraban de la rastra por el campo abierto con correas. Con toda probabilidad les facilitaban la tarea rodillos de madera puestos debajo de la rastra “.

Si tenemos en cuenta el hecho comprobado de que en el año 1.885 ,18 caballos emplearon tres días en arrastrar la piedra superior del dolmen de Pèrisat en Francia a una distancia de tres Kms. y que la dicha piedra “solo” pesaba 10 Tm, podemos hacernos una idea aproximada de la fuerza que habría de emplear para arrastrar las 40 Tm del bloque 56 de Stonehenge que hablando de caballos podían calcularse entre 70 y 75 . Dar el número de humanos equivalente a los caballos podía ser arriesgado pero nadie daría por exagerado el número de 200 a 250 adultos bien organizados en equipos para realizar la tarea.

Con los conocimientos de demografía neolítica que tenemos, este número es perfectamente inviable, así que solo nos queda aceptar que su transporte fue fruto de la inteligencia humana.

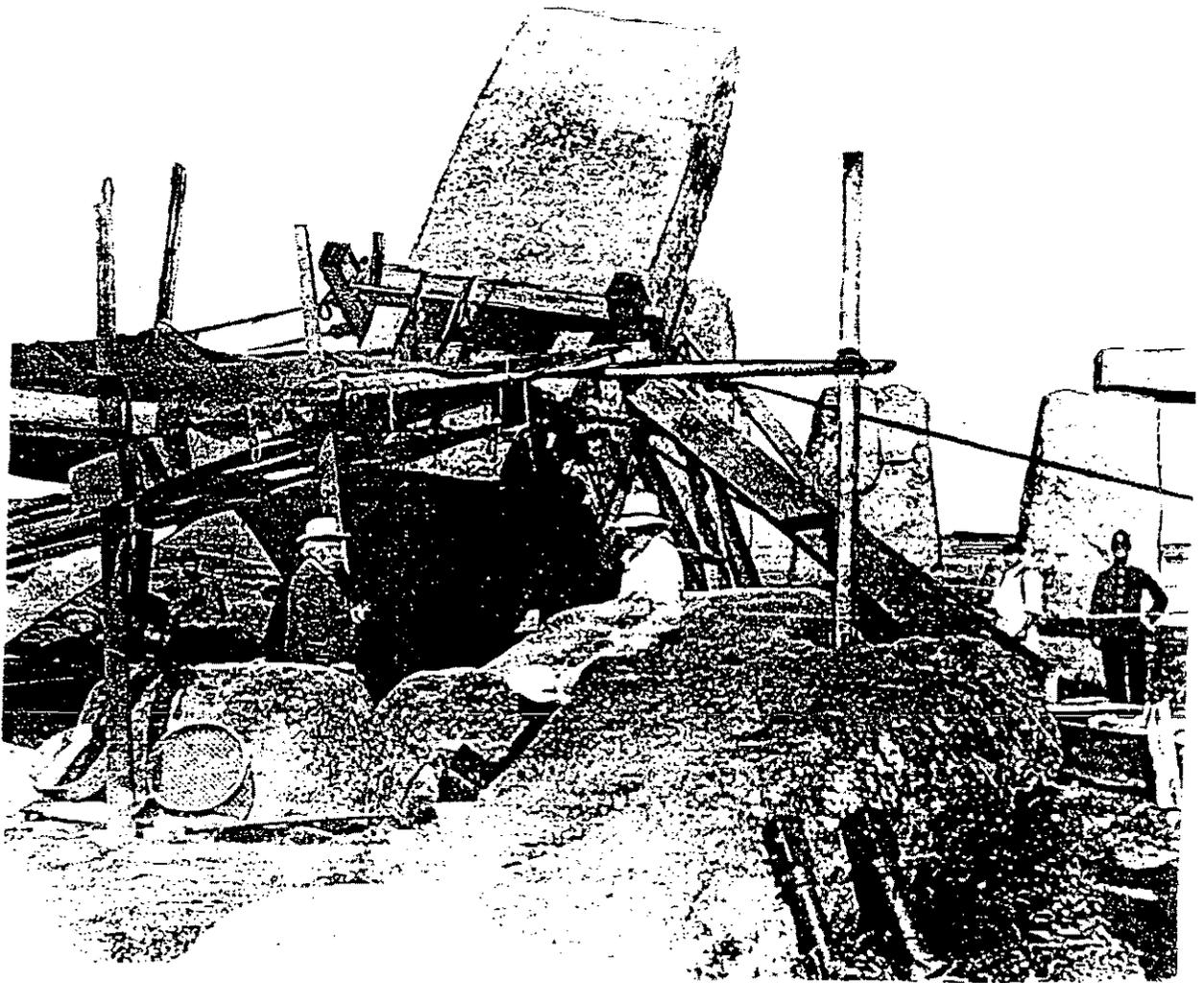


Fig. 20

3.4. LA CRONOLOGIA DE LOS MEGALITOS.

Los megalitos aparecen en Europa cuando ya el Neolítico está muy avanzado. Si aceptamos las fechas aportadas por la aplicación del carbono 14 podemos darle a los primeros megalitos una antigüedad de más-menos 6,000 años y considerar a la región de Bretaña como la cuna del megalitismo europeo siendo los “concheiros” atlánticos los lugares donde encontramos la arquitectura más antigua del mundo.

Cuando en Occidente se levantaban estas enormes construcciones, aún faltaban 4.000 años para empezar la Era cristiana y 1.000 para que se desarrollaran las culturas de Egipto y Mesopotamia. No fueron traídas desde oriente por pueblos que se extendían hacia occidente, ni fueron la evolución técnica de construcciones más pequeñas sino que fueron las primeras construcciones arquitectónicas de la Humanidad.

En el resto del mundo, viajeros como Ferguson (13) encontraron grandes megalitos en Cachemira, El Caúcaso, Beluchistan, Argelia, Palestina, Etiopía, Sudán, Sumatra, Nuevas Hébridas, Japón, civilizaciones precolombinas.....

¿Quién fue el primero en formular la idea de que todas estas construcciones eran obra de una raza de gigantes megalíticos y por lo tanto tenían una conexión genética entre sí?.

Esta teoría es una prueba más de la imaginación y de la credibilidad de algunos autores y de la ignorancia de muchos pseudo-arqueólogos que más que con unas coordenadas científicas se movían en unos parámetros imaginativos, aventureros y, en demasiadas ocasiones, comerciales.

No fueron razas megalíticas, ni constructores de las riberas del Nilo los que trabajaron en Europa en los tiempos del Egipto predinástico. Tampoco viajeros del espacio cuya pretendida existencia hicieron que se acuñaran términos como “astroarqueología” o “arqueoastronomía”, sino que fueron unos hombres enfrentados al reto de sus propias limitaciones y que en diferentes lugares del mundo con materiales parecidos, solucionan los problemas técnicos de modos también parecidos. Por esto es que una cámara sepulcral megalítica en Francia se parece tanto a una de la India aunque las separen 2.000 años en el tiempo y muchos miles de kms. en el espacio.

Las primeras fechas del carbono 14 fueron publicadas hace 30 años y más tarde confir-

madas por la datación por termoluminiscencia que confirmó las fechas dadas por el carbono 14.

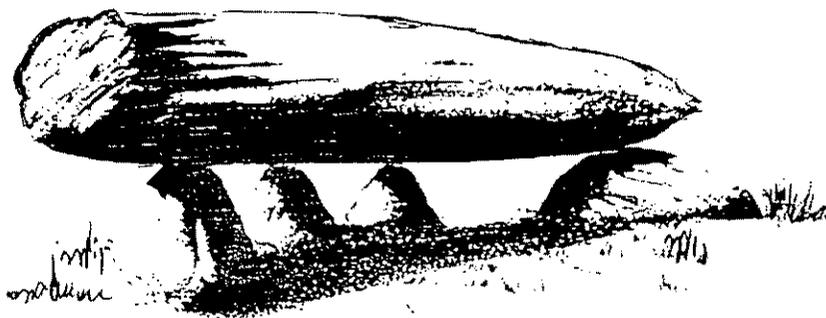
Gracias a esta técnica de laboratorio y, aún a riesgo de generalizar, podemos decir con bastantes posibilidades de no equivocarnos que los megalitos de :

- Malta son del 4.000 a.C.*
- New Grange (Irlanda) del 3.300 a.C.*
- Los Millares (Almería) del 3.800 a. C.*
- Orca dos Castanaires (Portugal) 3.500 a.C.*
- Stonehenge, 3.100 a.C.*

Los resultados obtenidos en las excavaciones hechas en estos grandes monumentos son asombrosamente parecidas en todos los lugares del mundo donde encontramos megalitos, aunque nosotros nos hayamos ceñido al espacio europeo

Todos los arqueólogos que han investigado este período están de acuerdo en que:

- Todas las herramientas encontradas a "pié de obra" son de piedra*
- Trabajaron con hachas de pedernal*
- Los martillos son enormes llegando a pesar de 18 a 28 kilos.*
- Las herramientas rotas se usan como relleno.*
- La greda del suelo se sacaba con cuernas de ciervo talladas en forma de pico.*
- No existe ninguna marca que implique el uso de herramientas metálicas.*
- El labrado de las piedras se hace en el lugar del emplazamiento*
- Las partes duras de la arenisca silícea se trabajó (cómo se hace hoy) con fuego y agua.*
- El agua y la arena fueron el pulimento empleado para rebajar las superficies.*
- El acabado se conseguía golpeando los bloques con pequeños martillos de cuarcita*
- En todos se han encontrados restos humanos variados dado que debieron ser usados cómo enterramiento, lugar de sacrificios ...*



3.5. NOTAS AL TEXTO HISTORICO

- 1) CHIPPINDALE, C. "The enclosure of Stonehenge". WAM, 1.972
- 2) ARNOLD, T. *Enrici Archidiaconi Huntendunensis Historia Anglorum*. 1.897. (Compilación).
- 3) GEOFREY DE MONMOUTH. "Historia Regium Britanniae. 1.136.
- 4) B.O.E. nº 217. 10/10/1991.
- 5) A.VARAGNAC. "Del Neolítico al Calcolítico" R.Huygué. "El arte y el hombre" vol. 1º
- 6) PIA LAVIOSA ZAMBOTTI. "La revolución agraria". R.Huygué. "El arte y el hombre, vol 1º.
- 7) OBERMAIER."El dolmen de Soto". *Boletín de la Sociedad Española de Excursiones*. Madrid 1.924.
- 8) PELLICER."La necrópolis púnica Laurita" del cerro de S.Cristóbal. Madrid.1.962.
- 9) HUYGUE.R." El arte y el hombre". Introducción. Vol 1º
- 10) OBERMAIER.ob. anteriormente citada.
- 11) Id.
- 12) "Recent excavations at Stonehenge" *Archeología*.nº 58. 1.902.
- 13) FERGUSON.JAMES. arquitecto escocés." *Rude Stone Monuments in all countries*"

3.6. INDICE DE ILUSTRACIONES

- 1) *Piedra caliza de Stonehenge.*
- 2) *ORENES PONZOA, A. Alumno I.B."Ciudad de los Poetas"*
- 3) *Id.*
- 4) *Cartel de Merlín haciendo llegar los bloques de arena silíceo desde un torbellino.*
- 5) *Ilustración de la tapa de un libro sobre gigantes.*
- 6) *Luz oblicua proyectada sobre la cara de la piedra nº 59 de Stonehenge*
- 7) *ORENES PONZOA, A.*
- 8) *Relieve egipcio representando el traslado de la estatua de Thuti-hotep.*
- 9) *ORENES PONZOA, A.*
- 10) *Id.*
- 11) *Id.*
- 12) *Id.*
- 13) *Ilustraciones recogidas por C.CHIPPENDALE."El umbral de la Historia". pag.142. 14).- Dibujo recogido de "Historia y Vida". Nº 197, pag.67*
- 15) *Diseño geométrico en un tejido primitivo actual.*
- 16) *Ejemplo de esquematización neolítica de la figura humana*
- 17) *El dolmen de Louth (Irlanda).*
- 18) *Estado actual, reconstrucción y plano de Stonehenge.*

*19) Fases del traslado de un obelisco según Obermaier.
dib. C.Martínez.*

*20) Gowland aplicando su "cuna" de madera al bloque 56 de Stonehenge.
C.Chippendale, ob.citada, pag 197.*

4. CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LOS MATERIALES

CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LOS MATERIALES

4.1. EL YUTE

Con el nombre de yute, derivado de la voz inglesa "jute", se distinguen varias plantas del género Corchorus, pertenecientes a la familia de las Tiliáceas.

Las especies de mayor rendimiento para cordelería son: C. olitorius y C. capsularis, que no presentan muchas diferencias entre sí.

Son plantas herbáceas, anuales y de tallo recto, cilíndrico, leñoso, macizo y velludo, del cual se extraen las fibras del líber.

Las hojas son alternas y de un verde brillante y las flores amarillas.

Tales plantas son originarias de la India. En China e Indochina también se las cultiva pero en menor cantidad; en otras regiones se las puede encontrar en estado silvestre.

El yute no se produce bien más que en los climas húmedos y cálidos, a la vez tropicales ó subtropicales, que presentan alternancia de sol y lluvia. Las sequías impiden su vegetación y el exceso de agua es fatal en los primeros días de la siembra. Durante la vegetación le favorece la humedad constante y resiste bien cualquier inundación imprevista.

Los terrenos mejores son los arcillo-arenosos con depósitos de aluvión margosos, lo que hace ideales las tierras de Bengala para su cultivo.

El yute de la India es de tres categorías dependiendo de la región dónde se siembra: el de zonas altas es de calidad muy fina pero de poco rendimiento (llamado suna), el de zonas medias (chur) es de buena calidad y rendimiento y el de zonas bajas (sali) es el de mayor rendimiento pero muy recio.

La siembra se hace de mediados de marzo a últimos de junio. Si después de la siembra llueve, la germinación de la semilla se da en 36 ó 48 horas, si no, hay que escarbar superficialmente la tierra para que la semilla reciba más fácilmente la acción de los

rayos solares.

El crecimiento de la planta hasta su máxima altura (3 a 4 m.) requiere tres meses, después de los cuáles se produce la florescencia. Entonces es el momento oportuno para la recolección de los tallos si se quiere obtener una fibra fina y flexible.

Si se prefiere mayor abundancia de fibra, aunque de menor calidad, hay que recolectar los tallos 4 ó 5 semanas después de la florescencia, cuando la semilla está bien granada. Posteriormente, se forman haces según el tamaño de los tallos al objeto de que, la operación de enriado a que deben ser sometidos sea lo más uniforme posible. Luego se dejan secar procurando que el sol no les dé directamente, pues de lo contrario la corteza queda adherida tan fuertemente a la fibra que su separación no será satisfactoria.

La masa fibrosa del yute se halla entre la corteza y el cilindro central del tallo y es muy compacta, de tal forma que se obtiene de 2 a 5 veces más de fibra que el lino.

La extracción de la fibra se realiza por vía mecánica, tal como se practica para el abacá y el sisal (sustitutivo del abacá, pero de menor calidad), ó por enriado, como se hace con el cáñamo o lino.

Hay casos en que el yute no requiere (tras el enriado) más que un enérgico lavado para desprender por completo las fibras del resto leñoso, mientras que en otros casos, precisa ser espadado a mano, bastando sólo unos cuantos golpes para la total separación.

Luego, los manojos de fibras así obtenidos y que tienen una longitud de 2 a 3 m., son puestos a secar colgados y, finalmente, se disponen en rollos para su transporte.

Químicamente, el yute contiene un 60% de celulosa y algo de lignina, lo que motiva la menor resistencia y flexibilidad del mismo comparado con otras fibras vegetales como, por ejemplo, el algodón, que es casi celulosa pura.

No debe ser expuesto a la humedad ya que se deteriora rápidamente.

Sin embargo, esta composición química comunica al yute una elevada aptitud para admitir colorantes, sobre todo los de naturaleza básica.

Higroscópicamente, el yute puede contener hasta el 24% de agua cuando está saturado; en este sentido sólo es superado por la pita y el abacá.

Vistas al microscopio, las fibras del yute presentan una gran irregularidad de diámetro y falta de paralelismo en el canal interior, siendo estas características las que permiten distinguirlo fácilmente de las demás fibras.

Por otra parte sus fibras están constituidas por fascículos de fibrillas elementales en

número de 20 a 30. Estas fibrillas son simples células con un exterior suave y lustroso. La sección transversal de las fibrillas presenta una forma poligonal irregular con un pequeño canal central de forma redonda u ovalada; su longitud varía de 1 a 5 mm. y su diámetro de 0,01 a 0,02 mm.

En la India se utiliza el yute para la fabricación de tejidos desde tiempos remotos, pero en Europa no se conoció hasta últimos del siglo XVIII, cuando la East India Company buscaba fibras que sustituyeran al cáñamo y lino en la elaboración de determinados artículos, como sacos y embalajes, para los cuáles éstas últimas resultaban demasiado caras o de un peso específico excesivo.

Se emplean asimismo para tejidos para toldos, telas enceradas, etc., pero básicamente se usan para la fabricación de arpillera y sacos.



4.2. EL ESPARTO

*Se conoce bajo esta denominación a las plantas del género *Stipa tenacissima*, que es el esparto propiamente dicho ó atocha. El llamado esparto basto ó albardín es el *Ligeum spartum*. Ambos pertenecen a la familia de las gramíneas y se dan en el centro y sur de España y en el norte de Africa.*

La planta joven es muy delicada en los 2 ó 3 primeros años, siendo muy sensible a las heladas. El crecimiento es muy lento al principio, aumentando después en proporción creciente hasta los 12 ó 15 años, en que empieza a ser aprovechable.

Florece de abril a mayo, madura en junio y fructifica casi todos los años, dependiendo su cantidad de la abundancia de lluvias.

La semilla germina en el otoño siguiente a la maduración; también se reproduce por plantación y las atochas viejas, quemadas después de arrancar sus hojas, retoñan con fuerza.

Crecen en los suelos esteparios caracterizados por la absoluta carencia de mantillo, gran proporción de cal, sales y humedad escasa.

El clima al que están adaptados es de inviernos fríos y veranos ardientes, con gran sequedad atmosférica y escasas lluvias. La proximidad de las costas parece favorecer su calidad y se encuentran hasta a 1000 metros de altura.

El cultivo del esparto en España está descuidado, ya que se le tiene como mata que estorba ó como producto secundario de los montes, tendiendo a su desaparición.

La recolección debe hacerse en tiempo seco, cuando el suelo no esté reblandecido por el agua, siendo la época más favorable de julio a octubre.

Las hojas recolectadas se atan formando manojos que a su vez, se atan entre sí formando haces.

La hoja del esparto contiene de un 42 a 50% de celulosa y da fibras finas, regulares y sedosas, de 1,5 mm. de longitud y 0,12 mm. de diámetro.

Industrialmente el mejor esparto es el fino y corto, siendo el largo y grueso más leñoso, con menos fibras y menos flexibles.

Las sogas y cuerdas se fabrican con esparto entero, picado ó deshilado, con el que se hace primero una especie de hilo llamado liñuelo, que luego se dobla en vueltas resultando un hilo doble y bastante resistente, con el que después se tuercen ó trenzan las sogas del grueso que se desea.

Con esparto picado resultan cuerdas mucho más flexibles y resistentes y para fabricarlas, se cuece la hoja, se deja secar y, por último, se machaca para destruir la adherencia entre las fibras, librando a la hoja de las materias incrustantes que contienen, como por ejemplo, lignina.

Con esparto deshilado se obtienen las cuerdas más apreciadas y que nada tienen que envidiar a las mejores de cáñamo ó abacá.

El deshilado del esparto comienza con el enriado, el secado y la separación de las fibras por machacamiento mecánico. Por último, unas cardas compuestas por peines separan las fibras de la parte leñosa, obteniéndose una hilaza que puede hilarse en tornos ó por procedimientos exactamente iguales a los empleados para el cáñamo u otros textiles.

El esparto tiene otros usos para la industria: fabricación de esparteñas, serones, pasta seca para papel ó incluso tejidos; pero sólo se ha comentado brevemente el que se destina a la fabricación de cuerdas.

4.3. EL ALGODON

Se da este nombre a distintas especies ó variedades de plantas pertenecientes al género Gossypium, de la familia de las malváceas, cultivadas con objeto de aprovechar la fibra que envuelve la semilla y que sale fuera de la cápsula al madurar y abrirse ésta.

Se han distinguido en este género hasta 20 especies, sin embargo es muy probable que la mayor parte de ellas sean variedades producidas y fijadas por el cultivo, siendo muy difícil referirlas a su forma orignaria. No obstante, pueden considerarse como especies principales el Gossypium herbaceum, procedente del centro y sur de Asia y la más difundida por la facilidad de su cultivo y la abundancia del fruto, y el Gossypium barbadense, procedente de las Indias occidentales.

En Europa la especie cultivada de preferencia es la G. herbaceum y en Norteamérica, las dos ya citadas.

La temperatura idónea para el cultivo del algodouero oscila entre los 19 y los 25° C, con viniendo mucho sol y humedad, sin embargo la lluvia en exceso le perjudica, particularmente en las proximidades de la cosecha.

Necesita terreno arenoso húmedo, rico en álcalis y cal, abonado regularmente.

El mejor fruto crece en los brotes jóvenes y la recolección empieza unos 5 meses después de la siembra, disminuyendo la cosecha de año en año, de modo que al cabo de pocos años hay que replantar.

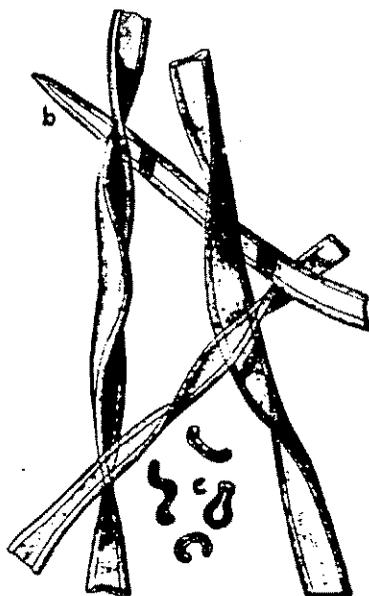
A causa de la madurez desigual de las cápsulas, la recolección dura bastante tiempo. Se recoge el algodón junto con la semilla y se deja la cáscara que se disgrega fácilmente.

Primero se limpia por medio de una máquina semejante a un exaustor y luego, pasa a la máquina de despepitar que separa por un lado las semillas y por otro el algodón.

La fibra de algodón observada al microscopio se ve constituída por una sola célula alargada y adelgazada por los extremos. Uno de ellos está cerrado, mientras que el otro por el que está unido a la semilla, está desgarrado irregularmente.

Las fibras suelen estar aplanadas y retorcidas; sólo en algunas clases más finas se encuentran fibras cilíndricas con un lumen en su cavidad central.

Por el exterior está recubierta de una fibra menbrana: la cutícula, formada de un derivado de la celulosa gracias a la acción del aire y la luz.



FIBRAS DE ALGODÓN VISTAS AL MICROSCOPIO
A. Extremo de una fibra. — c. Cortes transversales

La celulosa se disuelve en ácido sulfúrico concentrado ó en las disoluciones amoniacaes de óxido cúprico con bastante rapidez, mientras que la cutícula tarda mucho en disolverse en estos reactivos.

Es característica la reacción que presenta la fibra de algodón al microscopio con la citada solución cuproamoniacal; la parte interna de la fibra formada casi exclusivamente por celulosa, se hincha y rompe la cutícula, ésta queda por algunos puntos formando una especie de anillos que estrangulan la masa hinchada, mientras que en otros cuelga en pedazos. Por fin la celulosa se disuelve completamente y en el líquido quedan flotando los fragmentos de cutícula.

Esta reacción tiene cierta importancia porque permite distinguir el algodón de otras

fibras vegetales como el lino, cáñamo, yute, etc. que carecen de cutícula.

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que el algodón que ha sido sometido a ciertas manipulaciones, como por ejemplo un blanqueo muy fuerte, ha perdido la cutícula y puede inducir a errores.

El algodón en crudo contiene de un 87 a un 91% de celulosa, es por ello que, sometido en frío a la acción de una lejía de sosa caústica a 28 ó 30 C° durante un minuto, las fibras se vuelven mucho más cortas y gruesas y el lumen se estrecha, aumentando al mismo tiempo la tenacidad y la elasticidad.

La contracción puede llegar a un 15% y el aumento de tenacidad hasta un 20%.

Si se evita esta contracción por medio de una tracción en sentido inverso, la fibra toma un aspecto brillante, suministrando un producto muy utilizado en la industria textil: la celulosa mercerizada.



4.4. LA PITA

También conocida como agave, es un género de la familia de las amarilidáceas.

Son de hojas grandes, dispuestas en roseta, carnosas y dentado-espinosas. Las flores son muy olorosas, dispuestas en panículos multiflorales sobre un escapo alto y erecto.

*Este género comprende unas 50 especies todas originarias de América Central y del Sur, siendo la más conocida y difundida la *Agave americana*. Fue importada a Europa en 1.561 desde Méjico, extendiéndose luego a todas las regiones tropicales y subtropicales.*

En España es muy común; sus hojas de color gris verdoso pueden alcanzar hasta tres metros de longitud y una anchura de más de 20 cm., encorvadas, con dientes espinosos marginales y una fuerte espina terminal.

Los escapos, llamados pitacos, pueden llegar hasta los 8 metros de altura y llevan una gigantesca panoja de flores amarillo-verdosas dispuestas de manera corimbiforme.

Florece entre los 6 y 10 años y al madurar los frutos (parecidos a dátiles) muere la planta, saliendo luego de la raíz numerosas plántulas nuevas que se replantan. En Europa tarda más en florecer, pudiendo llegar incluso a los 60 años, según los climas.

En Méjico, se corta el escapo floral cuando éste empieza a florecer, quedando una cavidad de 40 a 50 cm. de diámetro que se llena cada día espontáneamente de un líquido azucarado que fermentado en vasijas de cuero, constituye el pulque. De los botones florales y hojas jóvenes se obtiene por fermentación otra bebida muy alcohólica llamada mescal.

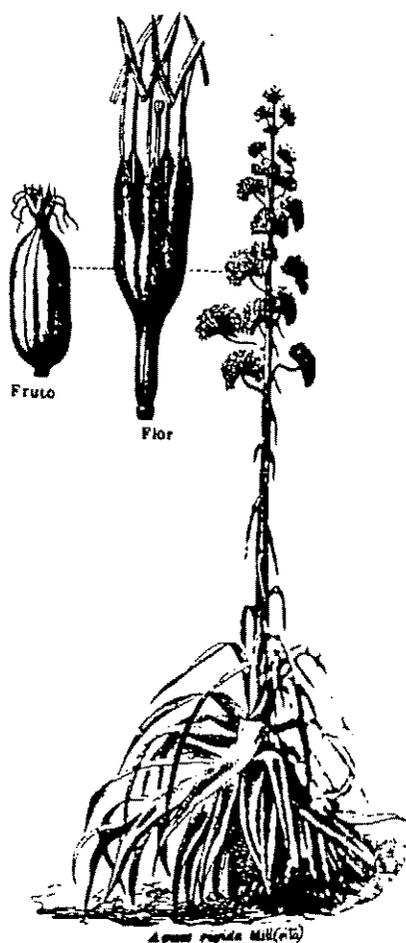
Además de las hojas se extraen las fibras de pita para fabricar sogas y cuerdas; las espinas pueden ser usadas como clavos y la raíz, en América, se emplea como medicamento.

En España, en los climas de la región mediterránea apenas exige cuidado alguno, prosperando perfectamente en todos los terrenos.

Las fibras que se extraen son ligeras, blanco-amarillentas, más fuertes y elásticas que el cáñamo. Resisten la humedad y, mojadas, adquieren una enorme resistencia.

Se extraen introduciendo las hojas de pita entre unas ruedas de hierro guarnecidas de placas del mismo metal colocadas horizontalmente, quedando la hoja comprimida, estrujada y despojada de su parénquima, resultando después de esta operación las fibras completamente limpias.

En realidad, están compuestas de varias fibrillas sumamente cortas, pues rara vez llegar a medir 4 mm., siendo su diámetro medio de 24 micras. Estas fibrillas ó células pegadas las unas a las otras longitudinalmente, constituyen la fibra comercial que resulta más ó menos fina, según el número que hay en su grueso, y que depende del clima, terreno, etc en que la planta se desarrolla.



4.5. EL CAÑAMO

Nombre vulgar de la especie Cannabis sativa de la familia de las moráceas.

Son plantas anuales, herbáceas, con tallos derechos y ramosos de hasta 2 metros; flores pequeñas, verdosas y dioicas; fruto en aquenio, redondeado (los cañamones).

De esta misma especie se conocen distintas variedades que han sido consideradas por algunos autores como especies diferentes.

En la India se cultivó ya 800 ó 900 años a. C. Según Herodoto, los escitas lo cultivaban en las costas del mar Caspio por sus semillas y para la obtención de un narcótico, mientras que los tracios y los griegos lo hacían por sus fibras, que utilizaban para fabricar cuerdas y tejidos.

El cáñamo requiere un clima caliente y húmedo aunque no demasiado, siendo muy sensible a la acción de los fríos y las heladas tardías. Las tierras bajas y las zonas abrigadas de los vientos son las más convenientes, pues ejercen una clara influencia sobre la calidad de la fibra, siendo más ó menos basta.

Los terrenos más favorables son los de aluvión arenoso de los valles y vegas y los profundos y frescos. Los estanques desecados cubiertos de sustancia orgánica en descomposición, los terrenos inundados ricos en humus y los recién roturados también son apropiados, pero no los compactos.

En los dos primeros meses el cáñamo asimila casi todo el nitrógeno y casi toda la potasa que le son necesarios, mientras que el ácido fosfórico y la cal la absorben hasta la florecencia; por otra parte esta absorción resulta cinco veces mayor durante esos dos primeros meses de vegetación que la que efectúa durante el resto, por esta razón conviene que vegete en un terreno provisto de elementos muy asimilables.

De ello se desprende que el mejor abono para el cáñamo ha de ser fácilmente descomponible, como el estiércol de bóvidos ó de porcino y los superfosfatos.

En general, para obtener una fibra de buena calidad son indispensables las labores profundas con objeto de mullirlo y airearlo y destruir las malas hierbas; ordinariamente,

después de la cosecha anterior se da al terreno una labor de arado para levantar el rastro. La siembra se efectúa de últimos de marzo a primeros de junio.

La recolección se hace de 13 a 14 semanas después de la siembra.

Los pies masculinos maduran de 3 a 6 semanas antes que los femeninos, por esto, si se quiere obtener fibra de buena calidad deben recolectarse antes los masculinos que los femeninos, cuando sus flores empiezan a marchitarse una vez desprendidas del polén, arrancándolos a mano y formando con ellos haces de unos 50 cm. de circunferencia.

Si se desea obtener de las plantas femeninas fibras de buena calidad, se deben arrancar antes del desprendimiento del polen para evitar la formación de semillas.

Hecha la recolección, en algunos países se deja el cáñamo amontonado en el mismo campo para que se deseeque, pero en otros se lleva a la alberca inmediatamente después de ser arrancado.

Para la separación de las fibras, fuertemente adheridas a la cañamiza, se siguen procedimientos análogos a los que se emplean para el lino. La primera operación es el enriado, con el que se destruyen las sustancias que mantienen adheridas las fibras a la parte leñosa.; después se desecan al sol, en estufas ó en hornos a una temperatura de 65° C. Una vez desecados, si las fibras no se separan fácilmente, se someten a la operación del agrado con la que se quebranta la parte leñosa, dejando en libertad y limpias la fibras.

Las fibras del cáñamo son generalmente más rígidas, gruesas y largas que las del lino, con una longitud de 1 a 3 metros. El grosor es muy variable dependiendo de la época en que se haya recolectado y del método seguido para separar la fibra.

Un corte transversal del tallo del cáñamo observado al microscopio presenta una corteza formada por dos clases de fibras: unas, externas, de paredes gruesas, de diámetro grande y de origen primario; y otras, internas, de paredes más delgadas, diámetro menor y de origen secundario que están dispuestas en 2 ó 3 capas en la base del tallo y que faltan en la parte superior.

La sustancia que separa estas capas de fibras está lignificada, motivo por el cual se hace difícil su separación.

Las fibras observadas al microscopio tienen el aspecto de tubos cilíndricos, largos, transparentes, provistos de hendiduras longitudinales y grietas transversales.

La cavidad interior es más larga que la del lino y sólo hacia la punta es de forma lineal. Muy características son las formas de sus extremos: romos, de paredes gruesas y, fre-

cuentemente provistas de ramificaciones laterales.

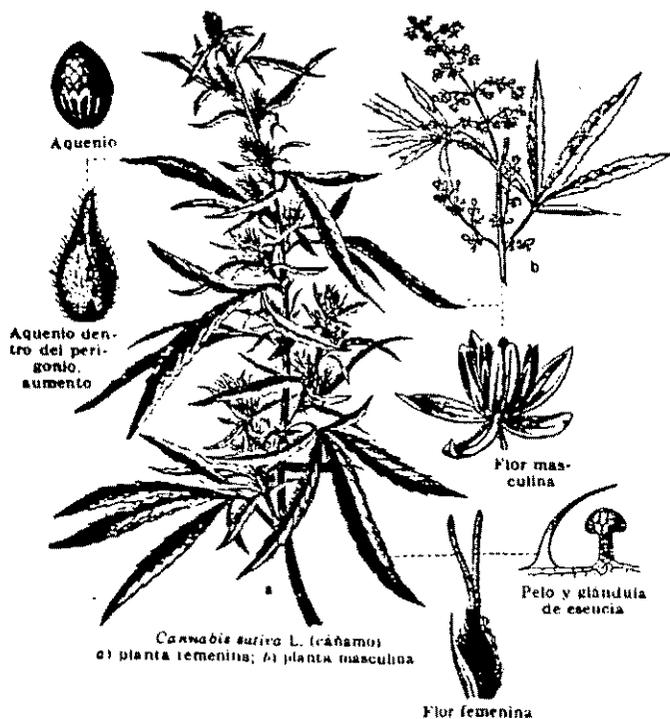
Las células liberianas que forman las fibras tienen una longitud de 15 a 25 mm. y están tan íntimamente entrelazadas entre sí que difícilmente pueden separarse.

Se componen, al igual que el lino y el algodón, de celulosa principalmente (77%) y absorben hasta un 33% de agua.

Las fibras más blancas, suaves, flexibles y resistentes son muy apropiadas para la fabricación de telas; las que son más bastas sólo se emplean para telas gruesas, cuerdas y alpargatas.

Las principales variedades del cáñamo son, además del cáñamo común (*Cannabis sativa*) anteriormente descrito, las siguientes:

- Cáñamo del Piamonte (*C. sativa excelsior*)
- Cáñamo de Anjou
- Cáñamo de China ó Cáñamo gigante (*C. gigantea*), de más de 4 metros de altura
- Cáñamo de la India (*C. indica*), variedad del cáñamo común cultivado en los trópicos del que se extrae el haschish.



5. PROCESO DE FABRICACION DE LAS CUERDAS

PROCESO GENERAL DE FABRICACION DE LAS CUERDAS

Las fibras vegetales utilizadas en cordelería provienen de diferentes partes de la planta; por ejemplo, el algodón de la borra que cubre las semillas, el cáñamo y el yute del tallo, y la pita y el esparto de la hoja.

La fabricación de las cuerdas en general comprende tres etapas: preparación de la materia fibrosa, fabricación de los hilos y fabricación de las cuerdas propiamente dichas.

5.1. PREPARACION DE LA MATERIA FIBROSA

Los procedimientos utilizados tienen mucho de semejante, aunque se trate de materiales distintos.

El primer paso es el agramado, es decir, la separación de las fibras del cuerpo del vegetal. Para ello, el sistema que se emplea es el enriado, consistente en desarrollar un principio de podredumbre por inmersión en el agua, ya corriente, ya estancada, sumergiendo el tallo u hojas formando haces durante un tiempo que oscila de 4 a 12 días según los casos. De esta manera, la pectosa se convierte por fermentación en pectina y ácido péctico.

De cualquier forma, hay que evitar que las fibras alteren su tenacidad a la tracción por exceso de enmohecimiento ó que sea tan escaso, que queden demasiado adheridas.

Después se deben extender sobre el suelo para que se desequen.

Este sistema es el más económico, pero también el más contaminante para las aguas, con el consiguiente riesgo que ello conlleva. Otros sistemas se realizan por medio de vapor de agua ó eléctricamente en baño electrolítico.

La separación de las fibras que van a constituir la hilaza se hace ó bien a mano, ó bien triturando el material vegetal en un aparato que consiste en un banco de madera con tres ranuras longitudinales, donde se colocan transversalmente los vegetales y donde encajan tres cuchillos, también de madera, montados en un marco que gira a charnela en el extremo del banco.

Tras golpear varias veces se extrae la fibra bruta que aún tiene fragmentos de leño, que se acaban separando por espadamiento ó espadillamiento, consistente en hacer pasar haces de fibras por una escotadura de una plancha de madera.

Limpias casi las fibras se procede al peinado, haciéndolas pasar a través de una serie de puntas afiladas de acero colocadas en una base de madera. Así, la hilaza acaba de perder sus impurezas, adquiriendo cierta suavidad y resultando clasificable según la longitud de los filamentos, dando lugar a la separación de los que son apropiados para cuerdas.

Para finalizar, se acaba la depuración aplastando la hilaza entre muelas giratorias que pulverizan los fragmentos que aún puedan quedar.

Todos estos procesos no son necesarios para todos los materiales, como por ejemplo el algodón que ya se obtiene bastante depurado.

5.2. FABRICACION DE HILOS

El integrante de toda cuerda es su hilo ó filástica.

Los hilos se encadenan entre sí de modo que el frotamiento de unos con otros cree una resistencia del conjunto capaz de equilibrar un esfuerzo exterior, si no igual, sí poco diferente del que soportaría un haz del mismo número de hilos paralelos y todos trabajando por igual.

Esto se realiza mecánicamente. Primero se forma una "cinta", es decir, un haz plano de fibras paralelas y yuxtapuestas de espesor uniforme, tras de lo cual se procede a su torsión helicoidal.

5.3. FABRICACION DE CUERDAS

Hay dos sistemas: por torsión y por trenzado.

1. Por torsión

Se construye en primer lugar un cordón con hilos que forman diversas capas concéntricas torcidas en hélices del mismo paso, pero de distinto diámetro. Esta operación recibe el nombre de "colchado" y se logra así obtener un cordón en el que todos los hilos ten-

gan la misma tensión.

Esto se logra haciendo pasar un haz de hilos paralelos por un tubo metálico muy pulimentado interiormente y fijando todos los hilos a un gancho que gira sobre sí mismo; de esta forma, los hilos de las capas externas se torsionan más que los de las internas, con lo que se consiguen distintas velocidades de arrollamiento que, si la relación: n° de hilos/diámetro está bien elegida, dan lugar a que todos ellos se alarguen lo mismo.

La formación de la cuerda propiamente dicha sigue un proce dimiento que descansa en el siguiente principio: si se toma un haz de cordones paralelos unidos entre sí por ambos extremos y se cuelga un peso del extremo del conjunto, se arrollarán unos cordones sobre los otros debido a los pares de distorsión que la carga hace nacer en cada uno.

El sentido del arrollamiento es contrario al de la torsión de cada cordón. Queda así formada una cuerda que poseerá al cabo de cierto tiempo un par propio de torsión capaz de equilibrar a los de distorsión de los cordones.

Tal es, en principio, el procedimiento para la fabricación de las cuerdas. Con el fin de que todos los hilos que constituyen una cuerda sean de igual resistencia, se da a los cordones una torsión suplementaria en el momento en que se arrollan entre sí cuando se fabrica.

2. Por trenzado

Consiste en trenzar un número de cordones alrededor de un alma central, generalmente.

También se realiza mecánicamente, pero las cuerdas que por este sistema se obtienen no son de gran diámetro.

Su utilización se impone cuando hay que transmitir a distancia un movimiento de rotación, por ejemplo.

6. PROCESO BIOQUIMICO DE IMBIBICION DE LAS CUERDAS

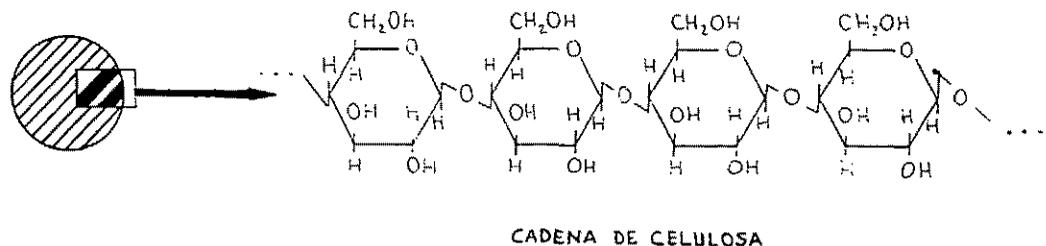
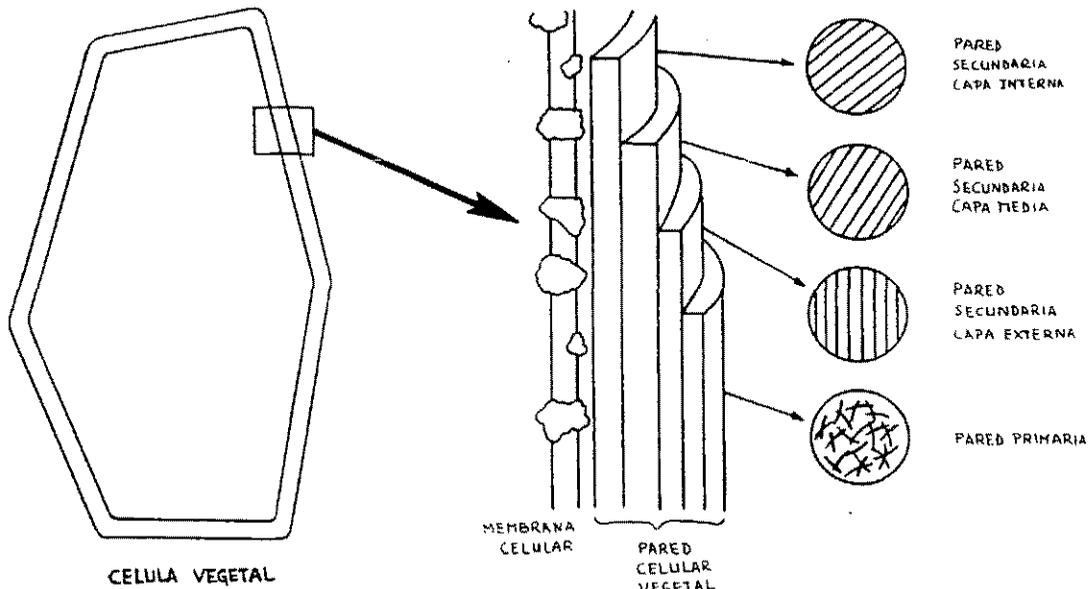
PROCESO BIOQUIMICO DE IMBIBICION DE LAS CUERDAS

El material de todas las cuerdas utilizadas en este trabajo es de fibra natural, dicho de otro modo, de células vegetales que tienen todas una característica principal y común: están constituidas mayoritariamente por celulosa; desde el 90% del algodón hasta el 50% del esparto.

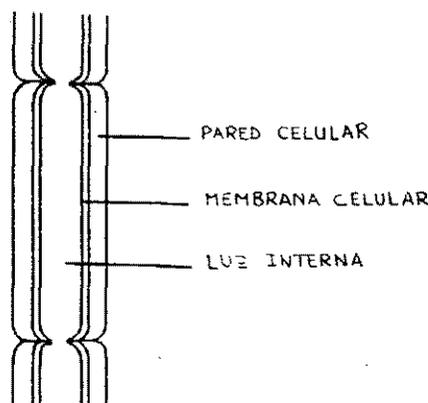
Existen además otras sustancias incrustantes (en proporción variable según la fibra considerada), entre las que destaca la lignina, sustancia que se intenta separar en los procesos de fabricación de las cuerdas para dotarlas de mayor elasticidad y menor rigidez.

La celulosa es un polisacárido formado a base de glucosas en número de 300 a 10000 moléculas, unidas entre sí constituyendo cadenas lineales no ramificadas que se disponen paralelamente, uniéndose unas a otras mediante puentes de hidrógeno.

De esta manera envuelven a las células vegetales formando lo que se llama la pared vegetal, que persiste tras la muerte de éstas.



Además, las cuerdas fabricadas con fibras del floema o del xilema son células que se disponen una tras otra y que están intercomunicadas por un canal central ó luz por donde circulan la savia bruta ó la elaborada, o sea, que de alguna manera se puede decir que están "huecas".



Lógicamente, una vez fabricada la cuerda, éstas fibras han perdido la inmensa mayoría del agua que contenían cuando se encontraban en el vegetal vivo. Precisamente la pared vegetal contiene un apreciable cantidad de ella.

Entonces, ¿qué sucede cuando vuelven a entrar en contacto con el agua?

Primero se da un fenómeno físico de ósmosis, tanto mayor cuanto más grande sea el diámetro del canal interior. El agua entra en él de forma masiva provocando que las células se hinchen. Pero éstas tienen limitado el hinchamiento en longitud, porque las cadenas de celulosa dispuestas paralelamente al eje longitudinal de la fibra se lo impiden, lo que no quita el que puedan hacerlo en una muy pequeña magnitud gracias a una cierta elasticidad de las cadenas de celulosa (para comprender mejor este efecto ver las conclusiones particulares del algodón en el apartado correspondiente).

En consecuencia, al hincharse la fibra por el agua que penetra, se ensancha y se acorta, haciéndolo también la cuerda que está compuesta por miles y miles de fibras.

El fenómeno de imbibición también depende del porcentaje de celulosa que componga las fibras, ya que es altamente hidrófila.

Así que, resumiendo, cuanto mayor sea la luz interior de las fibras y mayor porcentaje de celulosa contenga, más cantidad de agua absorberá y más se acortará la cuerda.

Al hidratarse la fibra de celulosa se ensancha un 1% en longitud y un 17% en anchura.

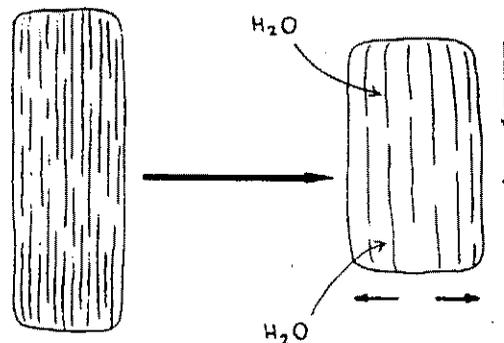
En segundo lugar se da un fenómeno bioquímico de carácter electrostático debido a los puentes de hidrógeno que se establecen entre los radicales libres de la celulosa (OH- y H+) y el agua, que tiene un momento dipolar elevado.

El agua se introduce entre las cadenas de celulosa tendiendo a unir las más entre sí por este tipo de enlaces. Para ello va desplazando al aire que hay entre las fibras de la cuerda cuando ésta está seca, efecto que se aprecia en el burbujeo liberado por las cuerdas cuando se van mojando.

Estos enlaces no son fuertes, pero piénsese que se establecen un número elevadísimo de ellos entre todas las cadenas, formándose así una tupida malla molecular de gran resistencia a la vez que de cierta elasticidad (a lo ancho mucho más que a lo largo).

Es, precisamente, ésta la función de la pared vegetal en las células vivas de una planta. Las células vivas contienen una elevada concentración de solutos, corriendo el riesgo de estallar por una entrada masiva de agua de ósmosis desde el exterior.

Las cadenas de celulosa de la pared y sus puentes intermoleculares impiden esto.



Poniendo un ejemplo sencillo: supongamos una red que tiene la suficiente elasticidad como para darse de sí y albergar una buena cantidad de contenido, pero llegado el límite de elasticidad, ya no admitirá más en su interior.

Por esta razón, las cuerdas al estar mojadas aumentan notablemente su tenacidad (resistencia a la tracción). En la pita, por ejemplo, este fenómeno es evidente.

BIBLIOGRAFIA

Principios de Bioquímica. Lehninger. Ed. Omega

Tratado de Botánica. Strasburger. Ed. Marín

Enciclopedia Universal Ilustrada. Espasa Calpe

Fisiología vegetal. Guardiola, García. Ed. Síntesis

7. EXPERIMENTACION EN LABORATORIO

7.1. OBJETIVOS OPERATIVOS

Los objetivos operativos darían respuesta a las siguientes preguntas:

1. *¿Dónde y cómo mojar las cuerdas?.*

Diseño y construcción de la cubeta de mojado.

2. *¿Qué magnitudes podemos medir?*

Longitudes, grosores, masa, tiempos, tensiones, porcentaje de agua absorbida por las cuerdas, velocidad de encogimiento, densidad lineal.

3. *¿Cómo proceder correctamente a la hora de preparar las condiciones iniciales?.*

Considerar la minimización del rozamiento y el carácter vectorial de las fuerzas. Utilización de tubos de cristal que impiden el flotamiento inicial de la cuerda.

4. *¿De qué forma se anotan los datos obtenidos?*

Construcción de tablas de valores de las magnitudes consideradas. Ordenación y secuenciación de esos datos. Elaboración de tablas de valores globales . Elaboración de gráficas parciales y globales.

5. *¿Qué relación o relaciones existen entre los parámetros medidos ?.*

Deducir la ecuación matemática (recta, parábola).

6. *¿Qué conclusiones pueden deducirse del análisis de los datos?.*

Presentar informe escrito.

7. *¿Cómo podrían disminuirse la dispersión que presentan algunos datos?.*

Informarse sobre la teoría de errores.

8. *Evaluación final sobre el proceso seguido.¿Qué se puede mejorar? Si repitiéramos la experiencia qué sería susceptible de cambio?*

7.2. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA.

7.2.1. MATERIAL UTILIZADO

Dinamómetros de precisión 0,01 N.

Cronómetros de precisión 0,1 s.

Balanza de precisión 0.1 g.

Calibre de precisión 0.1 mm.

Cinta métrica de precisión 1mm.

Cubeta de mojado.

Cuerdas de fibra natural.

Hilo de nylon

Tubos de vidrio .

Las cuerdas de fibra natural que hemos encontrado en el mercado han sido las siguientes: Pita, Cábamo, Esparto, Algodón y Yute.

De las cuatro primeras escogimos muestras de los siguientes diámetros (Ø) en milímetros: 2.5, 6, 8, 12 y 14 .

La pita, el cáñamo y el esparto están formadas por cuatro cordones torsionados. El algodón por tres, también torsionados.

La cuerda de yute, está formada por hilos ligeramente torsionados y no tiene la rigidez y consistencia de las anteriores. Por ello y porque sólo hemos encontrado un sólo diámetro, no hemos realizado con ella pruebas de mojado.

7.2.2. CUBETA DE MOJADO

Nuestra primera experiencia para ver el efecto que el agua ejerce sobre una cuerda cuando se moja fué la siguiente: Tomamos una muestra de cuerda de pita de unos 30 centímetros de longitud y la introdujimos en un recipiente con agua de forma que la cuerda quedara horizontal y totalmente sumergida. A los pocos segundos se observó cómo la cuerda,

a medida que va imbibándose comienza a moverse llegando incluso a conseguir la vertical, saliéndose del recipiente.

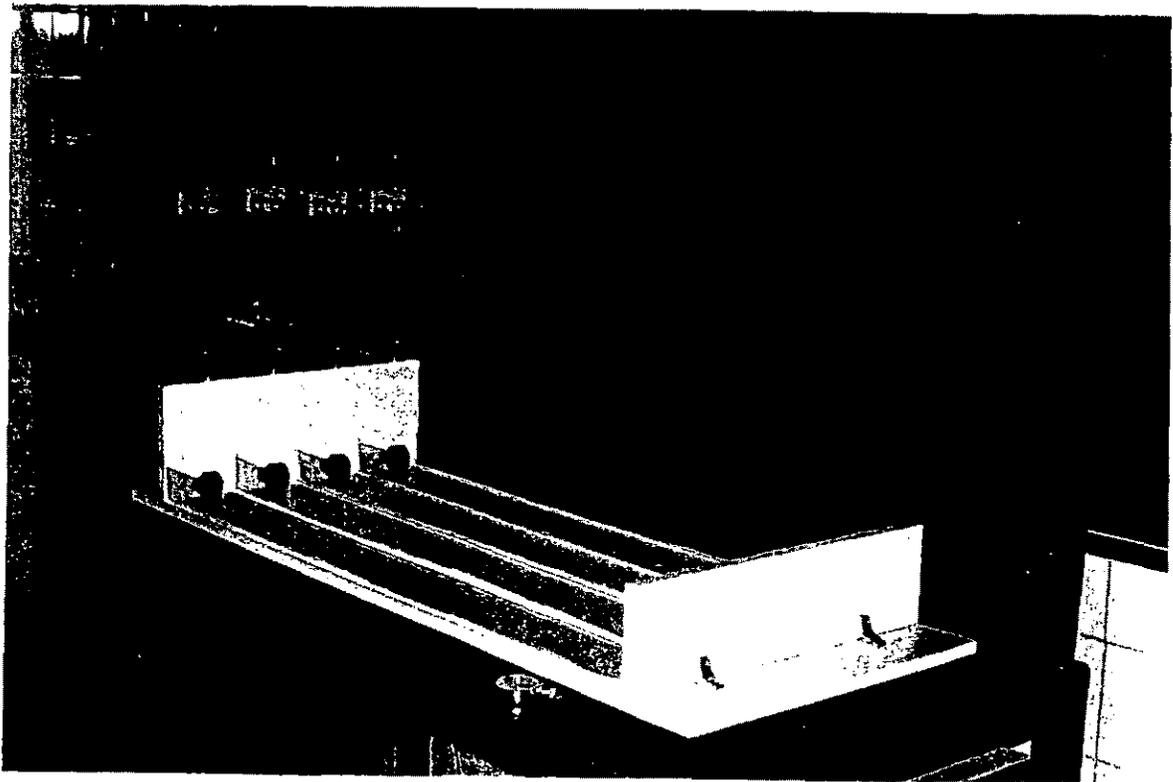
Nuestra primera pregunta fué cómo llegar a medir esa fuerza que hace que la cuerda se mueva.

Intentamos varios métodos de mojado encontrándonos con que otros fenómenos físicos, que en principio no habíamos tenido en cuenta, nos enmascaraban la experiencia que queríamos realizar. El acertar con el método que finalmente seguimos y que se relatará más adelante, se debe en gran parte a la iniciativa de los alumnos que han participado.

Para mojar las cuerdas construimos una cubeta de 1 metro de largo, cuarenta centímetros de ancho y quince cm. de alto. Dividida longitudinalmente en cuatro departamentos iguales por medio de cristales.

En uno de los extremos, e interiormente sobre la base de la cubeta, ponemos puntos de sujeción para uno de los extremos de las cuerdas. En el otro, y en cada departamento, colocamos una polea por cuya garganta ha de pasar el hilo que sujeta la cuerda y que se llevará hasta el dinamómetro (ver figura 1), colocado perpendicularmente a la base de la cubeta.

El material de la cubeta es resistente a la humedad.



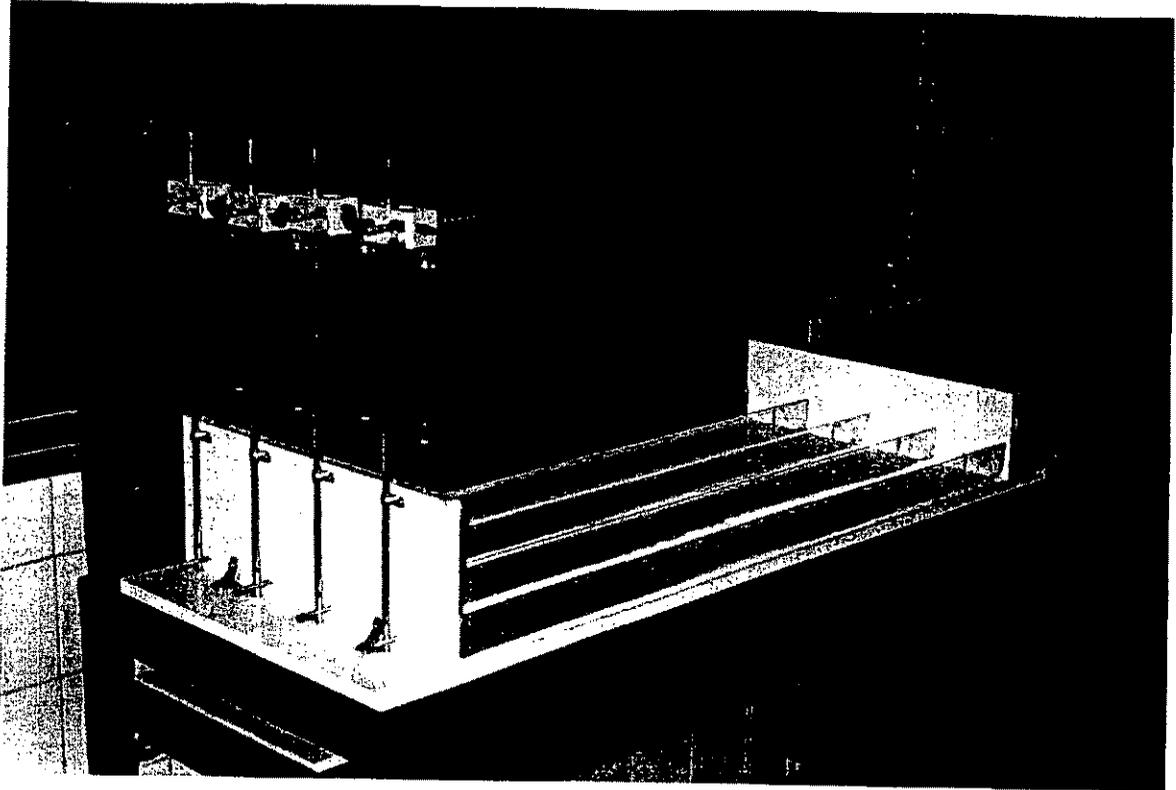
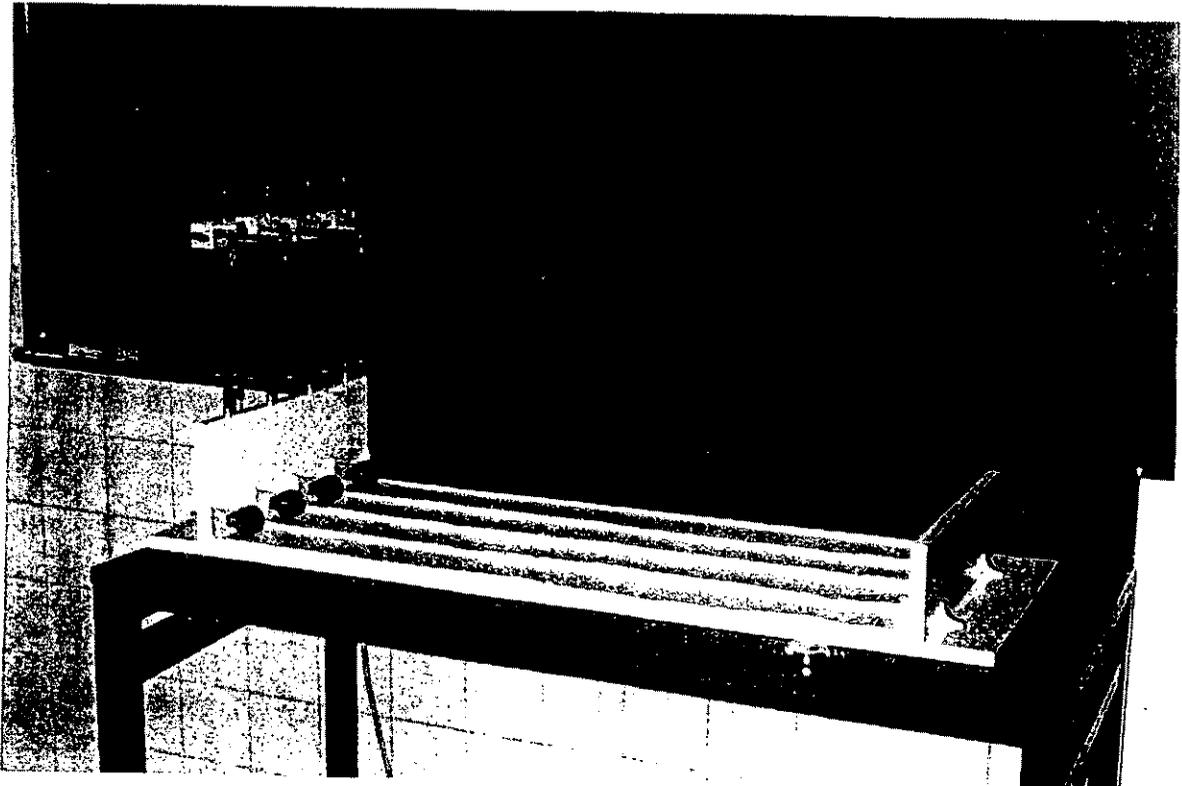


Fig. 1



7.2.3. PREPARACION DE LAS MUESTRAS

Para cada naturaleza de cuerda y para los distintos diámetros que consideramos, hemos tomado muestras de 30, 40, 50, 60, 70, 80, y en algún caso hasta 90 centímetros de longitud.

En los extremos de cada una de las muestras se han atado hilos de nylon (hilo de fibra artificial, cuya longitud no varía al mojarse).

Estos hilos nos permiten, por una parte, conseguir que la cuerda adquiera una tensión inicial, y por otra unir la cuerda al dinamómetro que nos medirá el incremento de tensión a medida que ésta vaya absorbiendo agua.

Para cada muestra se mide su masa y longitud antes de mojarse y después de mojarse. Con estos datos los alumnos calculan la densidad lineal (o masa por unidad de longitud) y la cantidad de agua absorbida para cada muestra.

7.2.4. MOJADO DE LAS CUERDAS

La cuerda dispuesta para ser mojada se coloca en la cubeta como muestra la figura 2. Por un extremo se sujeta a la base de la cubeta y por el otro, a través de la garganta de la polea, se une al dinamómetro.

Durante los primeros ensayos observamos que algunas de las cuerdas flotan inicialmente en el agua, modificando la dirección de la tensión. Para solucionar el problema conseguimos tubos de cristal de diámetro lo suficientemente pequeño para contrarrestar la fuerza de empuje y lo suficientemente grande para que la cuerda, situada en su interior, no tuviera rozamiento al ensancharse por efecto de la humedad.

El sistema empleado nos permite mojar cuatro cuerdas a la vez. Partimos en todos los casos de una misma tensión inicial con el fin de mantener las muestras rectas.

Las cuerdas comienzan a mojarse al tiempo que se pone en funcionamiento el cronómetro, con el fin de ver cómo va variando el incremento de tensión en función del tiempo. Esta variación es un trabajo que están realizando los alumnos y que nosotros en este informe vamos a omitir.

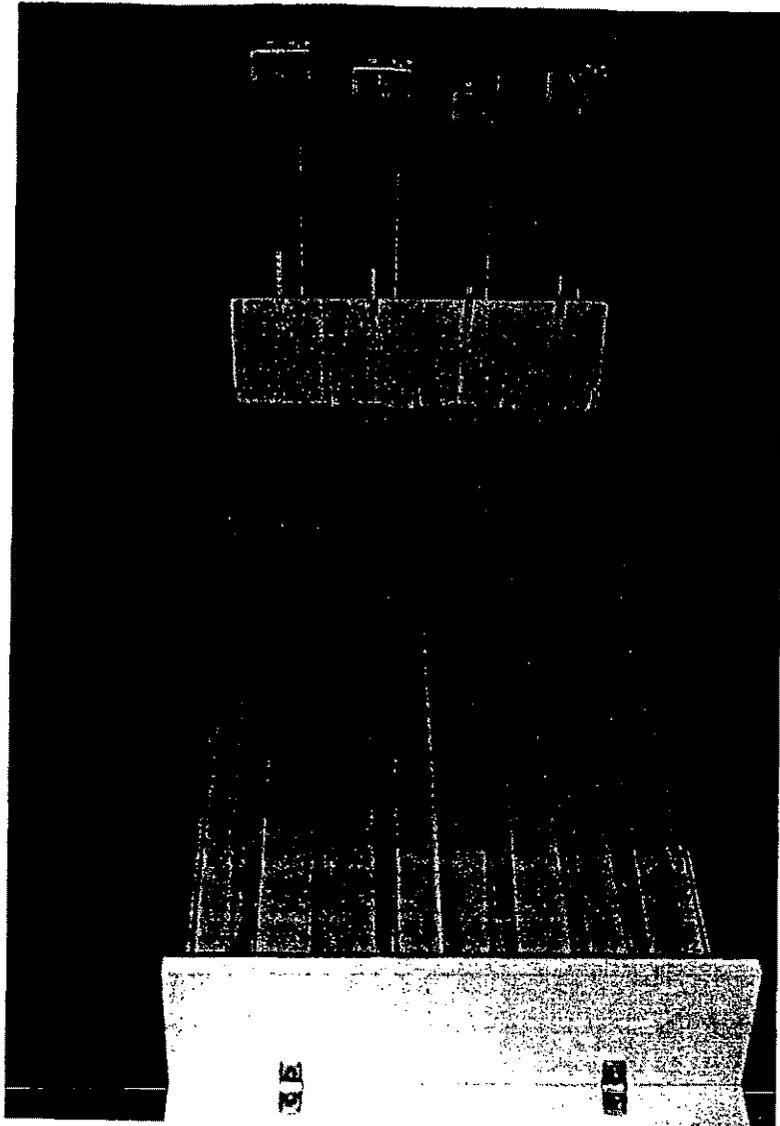
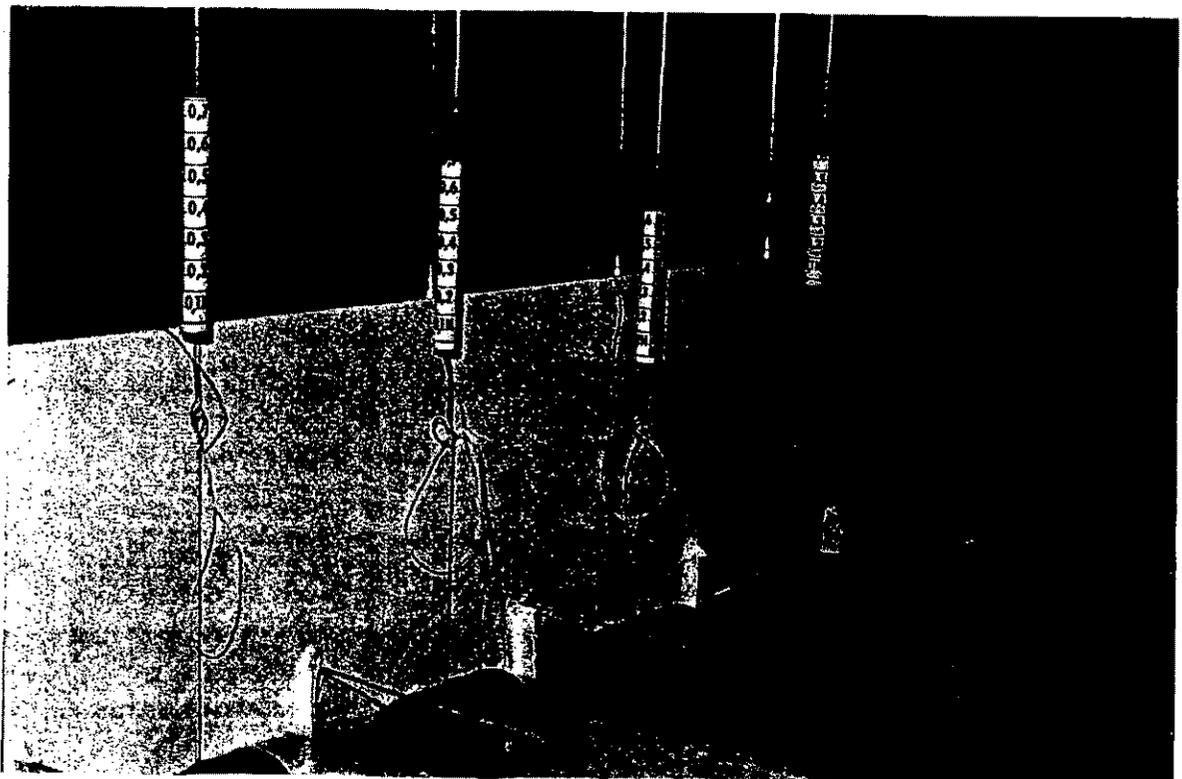


Fig. 2



7.3. RESULTADOS OBTENIDOS

7.3.1. CAÑAMO

Como puede verse en las tablas de valores obtenidas para este material, los grosores de las muestras consideradas corresponden a diámetros de 6, 8, 12, 14 y 2.5 mm. . Las longitudes que hemos considerado son las siguientes: 30, 40 , 50 60 , 70 y 80 cm de longitud, salvo para la cuerda de 2.5. mm de diámetro para la que hemos considerado longitudes de 60, 70 , 80 y 90 centímetros.

En la experiencia hemos observado que el encogimiento, y por tanto el aumento de tensión, al mojarse la cuerda , es mucho más rápido en la cuerda delgada que en las más gruesas. Parece un hecho evidente; sin embargo hay que decir que en la pita la rapidez de encogimiento es igualmente rápida para las cuerdas gruesas que para las delgadas.

Las gráficas de $\Delta T / L$ nos muestran una cierta relación lineal entre estas dos magnitudes.

Analizando la relación incremento de tensión / longitud para la cuerda de $\emptyset = 6$ mm, encontramos un coeficiente de correlación lineal muy próximo a uno, ($r = 0,99$) lo que significa que la serie de puntos obtenidos experimentalmente se ajusta bastante bien a la ecuación de una línea recta.

Calculada la recta de regresión nos da una ecuación :

$$y = 0.01 x - 0,26$$

donde la “ y “ representa el ΔT , en Newtons, y la “ x “ la longitud de la cuerda, en centímetros. Siendo la constante 0.01 N /cm.

Esto significa que para una cuerda de un metro de longitud (100 cm), el incremento de tensión experimentado por la misma es de 0,74 N. Para hacernos una idea del orden de esta magnitud basta con poner un ejemplo aclaratorio : sería la fuerza que tendríamos

que hacer para mantener suspendido un cuerpo de masa 74 gramos aproximadamente.

El coeficiente de correlación lineal para la cuerda de $\varnothing = 8$ mm es $r = 0,98$ y la recta de regresión es :

$$\Delta T = 0,0078 L - 0,054 .$$

La cuerda aumenta la tensión 0,73 N/m..

El comportamiento de las cuerdas restantes, aunque su coeficiente de correlación es elevado en dos de ellas, los puntos experimentales se apartan de los puntos de la recta de regresión, hecho que se observa al ver la gráfica.

Con la cuerda de $\varnothing = 2,5$, se hizo una nueva prueba. Esta vez mojamos cuatro muestras de la misma longitud (80 cm). Los resultados fueron los siguientes:

cuerda	A	B	C	D	
	-3,66	-4,03	-3,93	-3,84	ΔL
	0,4	0,44	0,43	0,42	ΔT
	68	63	63	64	% Agua A.

que coinciden, dentro del margen de error de toda experiencia, con los encontrados en la serie anterior.

Se observa que las cuerdas más gruesas absorben menos porcentaje de agua que las más delgadas. Como era de esperar, cuanto mayor diámetro más difícilmente llegará el agua a empapar las fibras centrales.

Habría que pensar, entonces, que las cuerdas que menos agua absorben también encogerán menos, hecho que tiende a cumplirse a la vista de los resultados, aunque este efecto se ve más claramente cumplido en otros materiales.

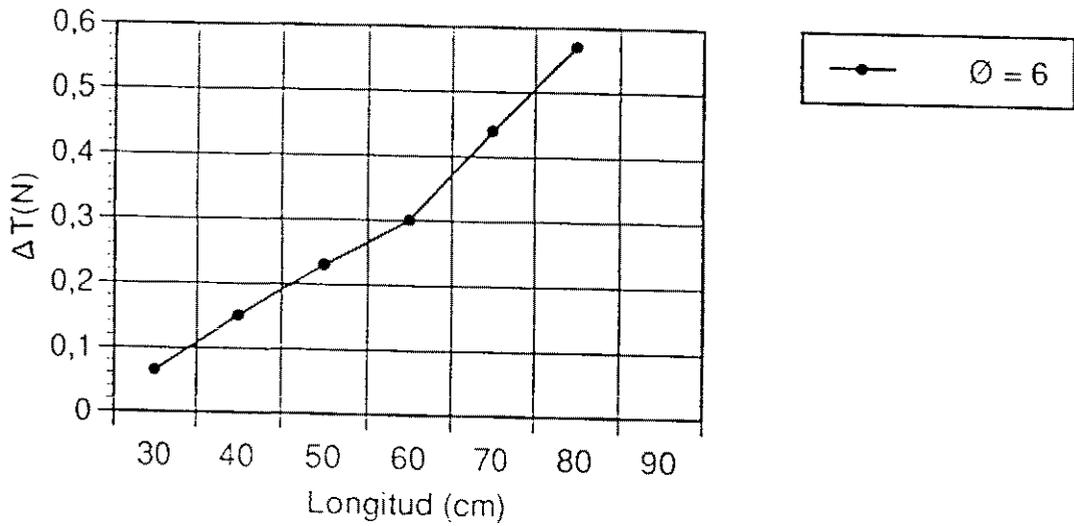
Sin llegar a encoger tanto como la pita, el cáñamo también se moja rápido y adquiere una rigidez y tenacidad similares.

TABLAS Y GRAFICAS DEL CAÑAMO

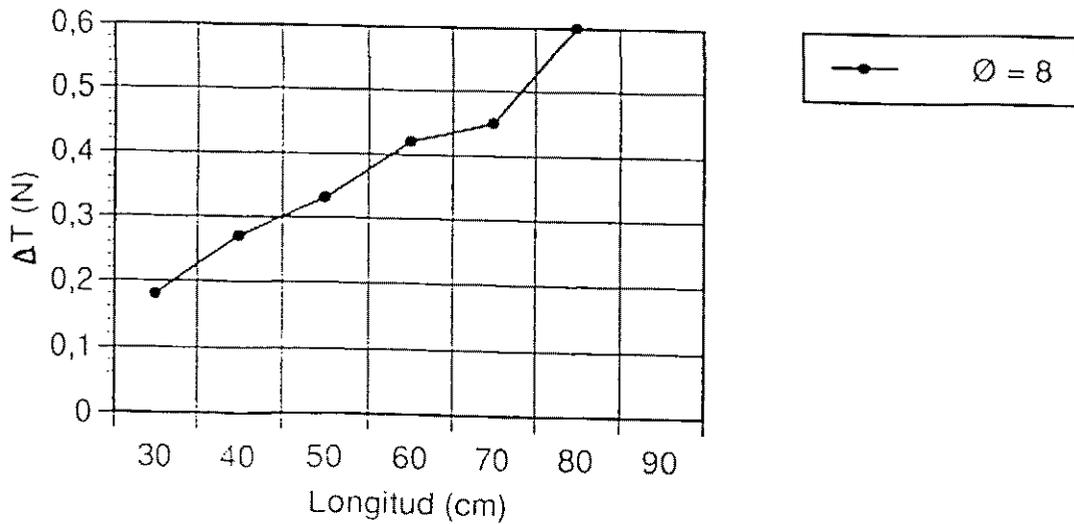
CAÑAMO: ΔT (N)

L (cm)	$\emptyset = 6$	$\emptyset = 8$	$\emptyset = 12$	$\emptyset = 14$	$\emptyset = 2.5$
30	0,065	0,18	0,13	0,18	
40	0,15	0,27	0,21	0,22	
50	0,23	0,33	0,19	0,25	
60	0,3	0,42	0,2	0,3	0,26
70	0,44	0,45	0,21	0,46	0,27
80	0,57	0,6	0,31	0,42	0,34
90					0,45

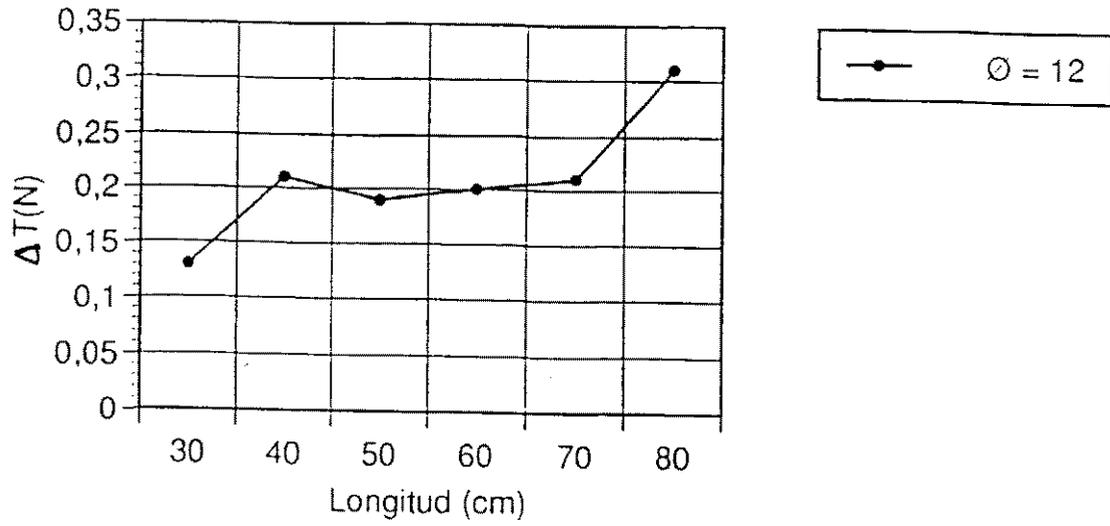
CAÑAMO: $\Delta T / L$



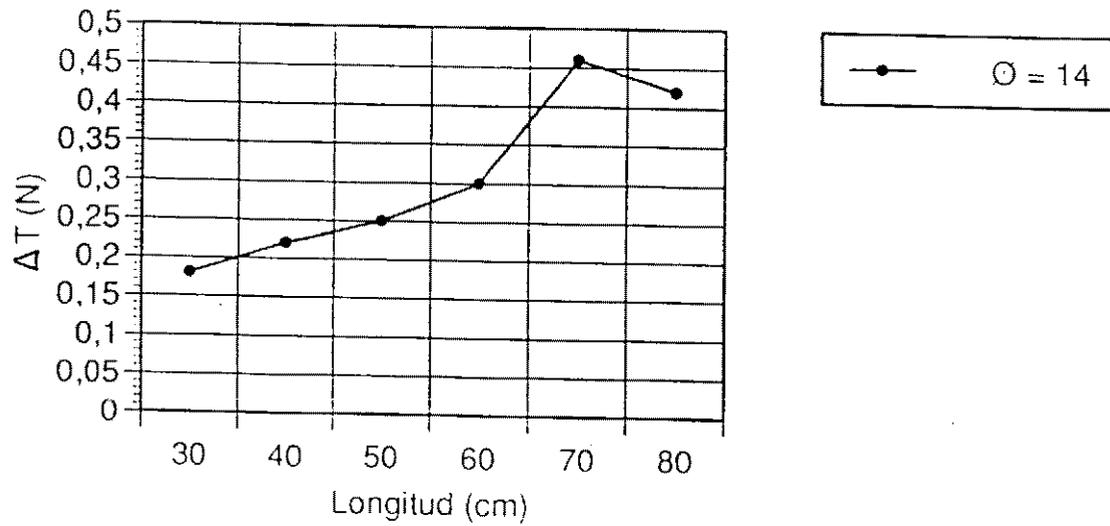
CAÑAMO: $\Delta T / L$



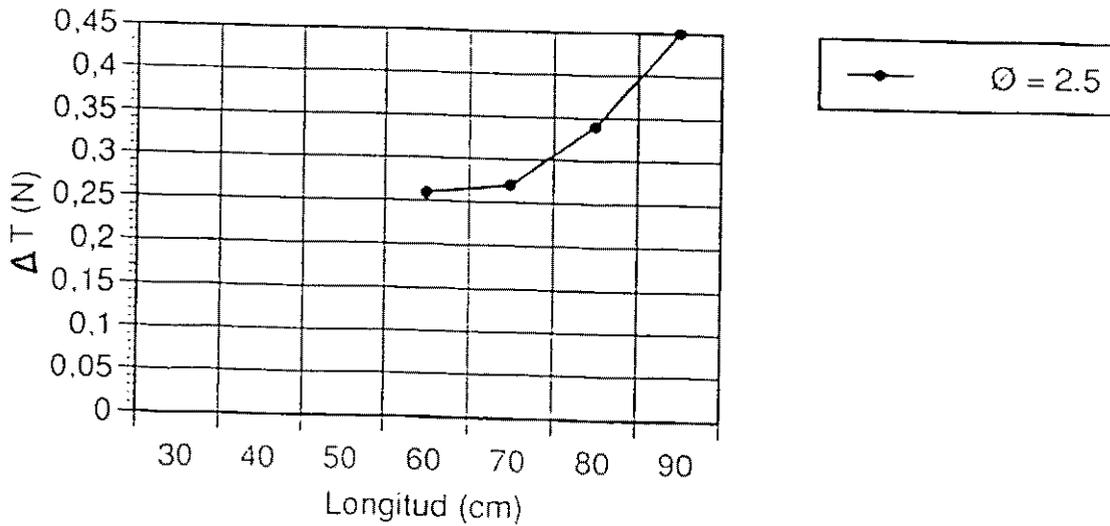
CAÑAMO: $\Delta T / L$



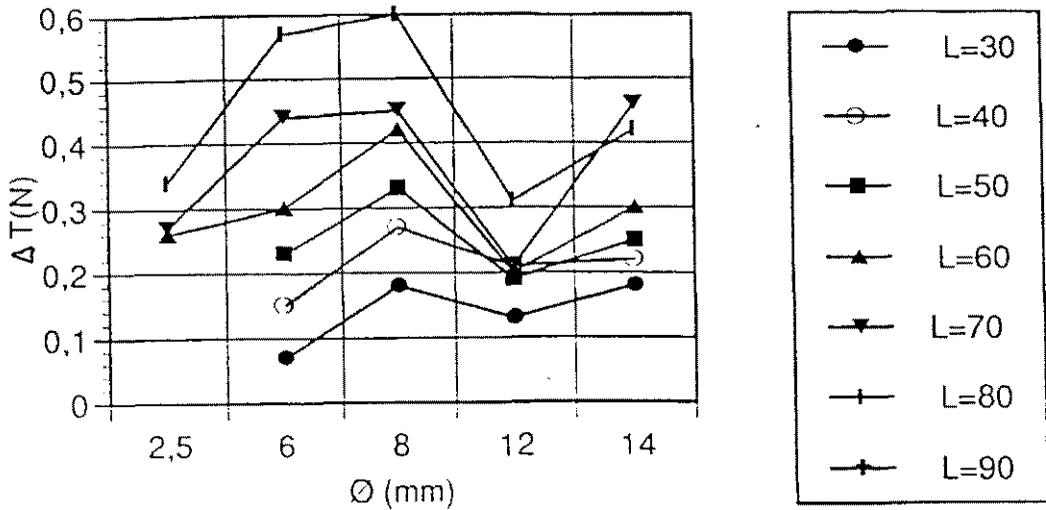
CAÑAMO: $\Delta T / L$



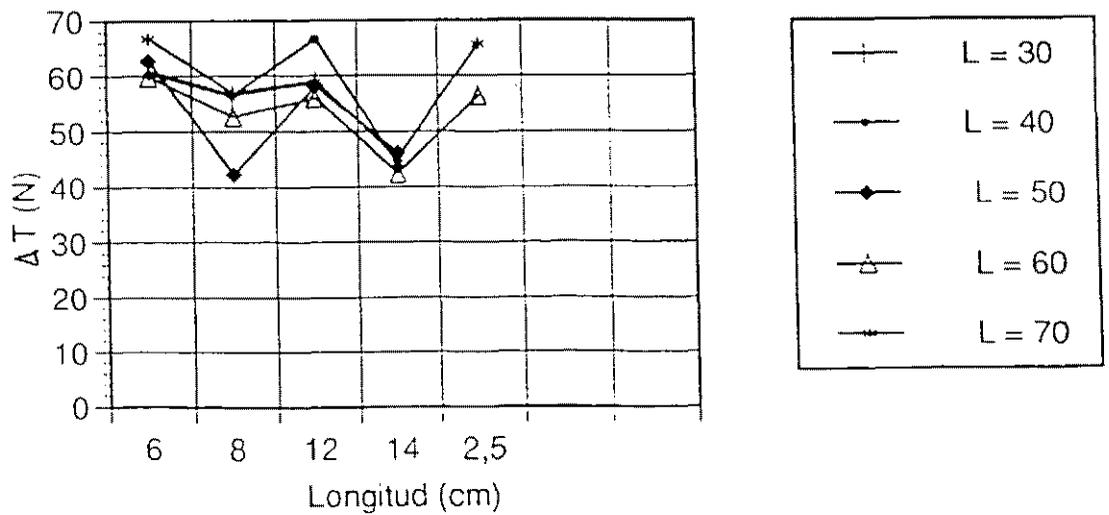
CAÑAMO: $\Delta T / L$



CAÑAMO: $\Delta T(N) / \varnothing(\text{mm})$



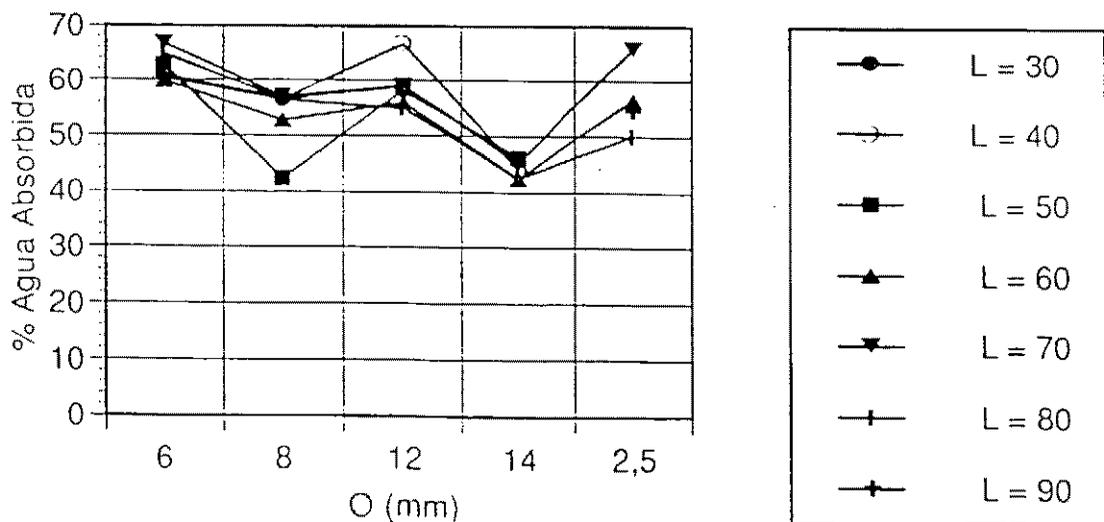
CAÑAMO: $\Delta T / L$



CAÑAMO :% AGUA ABS.

Ø (mm)	L = 30	L = 40	L = 50	L = 60	L = 70	L = 80	L = 90
6	60.8	60.4	62.7	59.8	66.8	64.8	
8	56.5	56.4	42.3	52.7	56.9	56.4	
12	58.9	66.7	58.2	56	59	54.9	
14	45.5	43.9	46.1	42.4	45.1	42.4	
2,5				56,4	65,8	50	54,5

CAÑAMO :% AGUA ABS / Ø (mm)



7.3.2. PITA-SISAL

Las muestras tomadas corresponden a diámetros de 6, 8 y 12 mm..De cada una de ellas se ha experimentado con cuerdas de longitudes de 30, 40, 50, 60, 70 y 80 cm..

Si observamos las gráficas $\Delta T / L$ para cada uno de los diámetros considerados, puede verse que el comportamiento menos lineal lo presenta la cuerda de 12 mm.

Para las otras dos se ha calculado la recta que más se ajusta a los datos experimentales. Su ecuación es la siguiente:

para $\emptyset = 6$ mm:

$$y = 0.0091 x - 0,126$$

Donde, como en el caso del cáñamo, “ y “ representa la variación de tensión de la cuerda al mojarse, medida en newtons, y la “ x “ la longitud de la misma, en centímetros

Siguiendo esta relación, una cuerda de un metro de longitud, al mojarse , produciría un aumento de tensión de aproximadamente 0,78 N.

El encogimiento por metro sería de 7,1 cm.

para $\emptyset = 8$ mm:

$$y = 0,01 x - 0,181$$

En este caso el ΔT por metro es un poco mayor que en el caso del cáñamo: 0.8 N .

El encogimiento por metro es de 7,3 cm.

Es decir una cuerda de pita de longitud un metro y diámetro 6mm , al mojarse estando tensa, origina una fuerza de 0,8 newtons. Esta fuerza sería la suficiente para sujetar una masa de aproximadamente 80 gramos.

Se ve claramente que no existe una relación de proporcionalidad entre la tensión y el grosor, como intuitivamente cabría esperar.

De las tres cuerdas experimentadas es la de 8 mm. la que mayor ΔT proporciona para las distintas longitudes. Sólo la de 40 cm. se desvía del comportamiento del resto para el diámetro dicho anteriormente.

Respecto a la cantidad de agua absorbida, es la cuerda de menor diámetro la que más

cantidad absorbe. Las cuerdas más gruesas absorben menos porcentaje de agua , sin embargo sería lógico pensar que estas cuerdas más gruesas, con menos agua absorbida, también encogiesen menos, pero los resultados no muestran nada a este respecto.

Las fibras de pita son bastas y duras, debido quizás, a la lignina que contienen, que debe ser la causante de que, una vez empapadas, las cuerdas adquieren una sorprendente rigidez y tenacidad, de manera que pueden dejarse apoyadas en vertical sin que por ello se curven lo más mínimo.

De todos los materiales experimentados, éste es el que se empapa con mayor velocidad y el que más encoge (hasta 6,5 cm en una cuerda de 80 cm.). Debe tener una luz interna considerable, ya que la planta debe suministrar savia a las hojas muy gruesas y macilentas. Por esta razón el efecto de hinchamiento (y acortamiento) de las fibras, es máximo, dejando las células con una gran turgencia. Esto ya de por sí , dota a las fibras de rigidez (el agua funciona como de endoesqueleto hidrostático), efecto que es reforzado por las sustancias incrustantes que aún quedan en la cuerda (principalmente lignina)

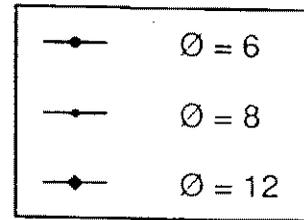
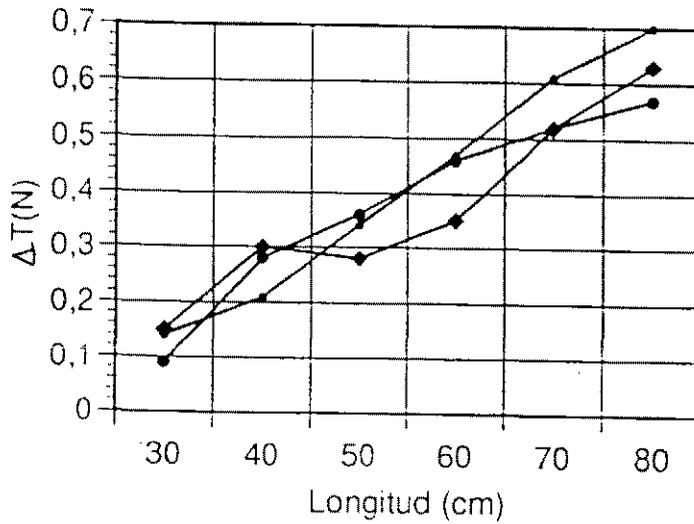
El sisal es un sustituto del abacá y la pita, obtenido de plantas similares, con características parecidas, que parece ser tiende a mezclarse en cordelería con la pita porque abarata el producto, aunque da rendimientos algo menores a las cuerdas como tales.

TABLAS Y GRAFICAS DE LA PITA-SISAL

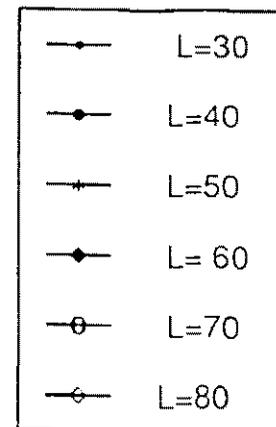
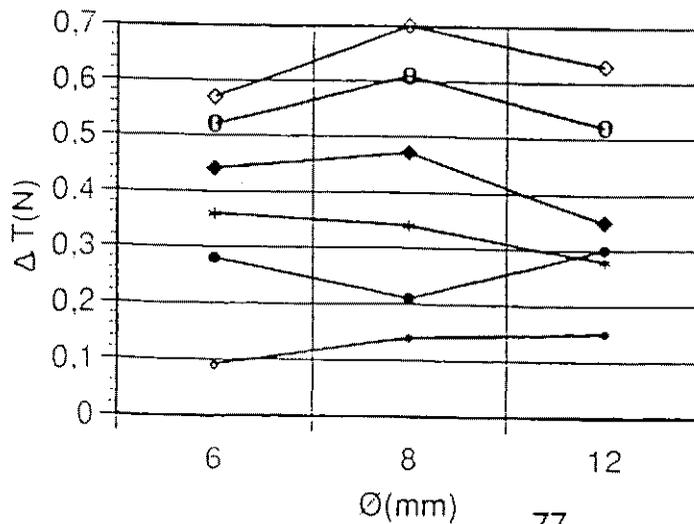
PITA-SISAL: $\Delta T(N)$

L (cm)	$\varnothing = 6$	$\varnothing = 8$	$\varnothing = 12$
30	0,09	0,14	0,15
40	0,28	0,21	0,3
50	0,36	0,34	0,28
60	0,44	0,47	0,35
70	0,52	0,61	0,52
80	0,57	0,7	0,63

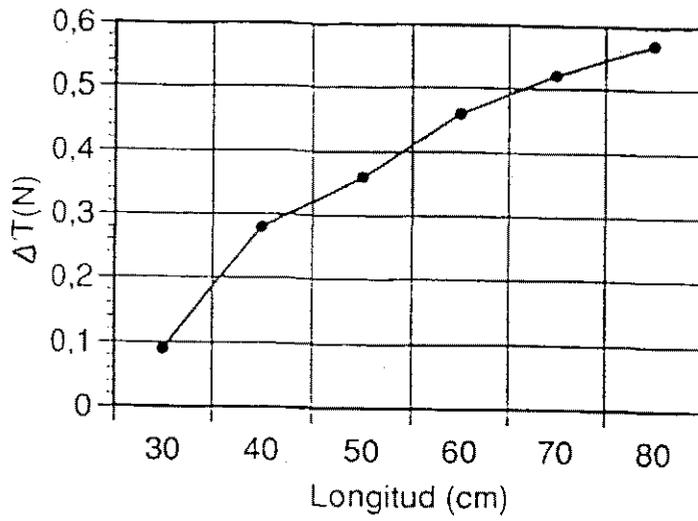
PITA-SISAL: $\Delta T/L$



PITA-SISAL: $\Delta T / \varnothing$

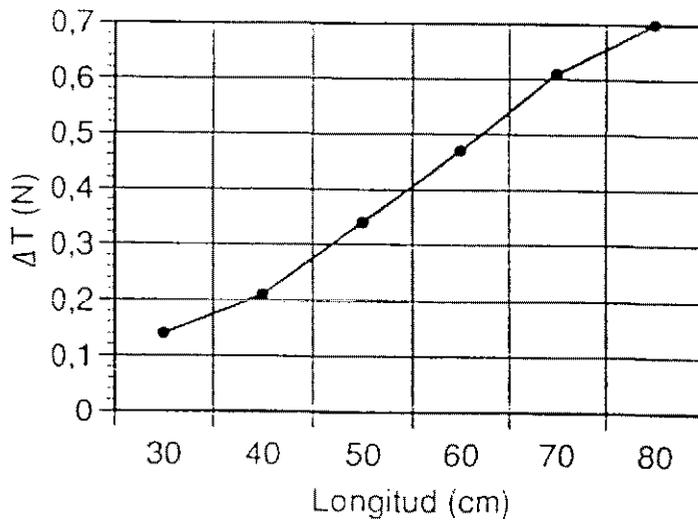


PITA-SISAL: $\Delta T / L$



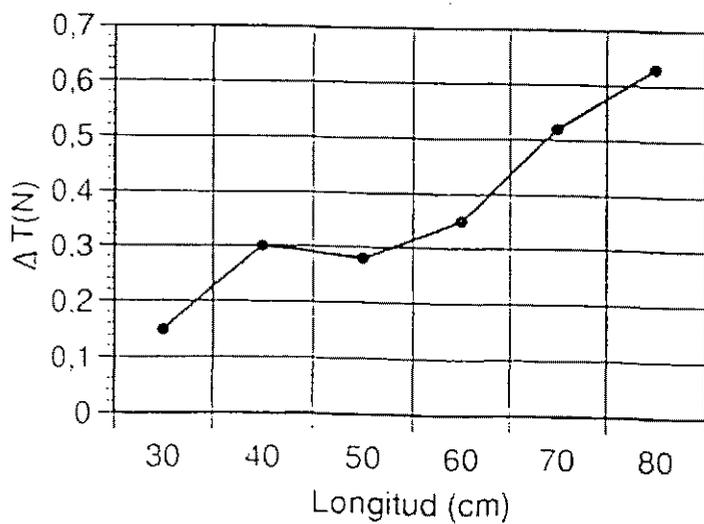
—●— $\text{Ø} = 6$

PITA-SISAL: $\Delta T / L$



—●— $\text{Ø} = 8$

PITA-SISAL: $\Delta T / L$

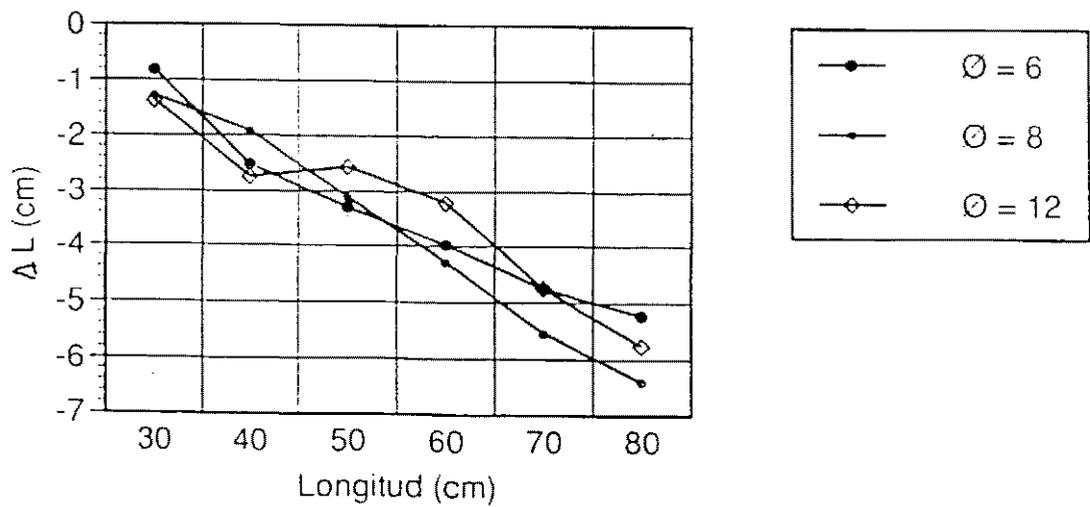


—●— $\text{Ø} = 12$

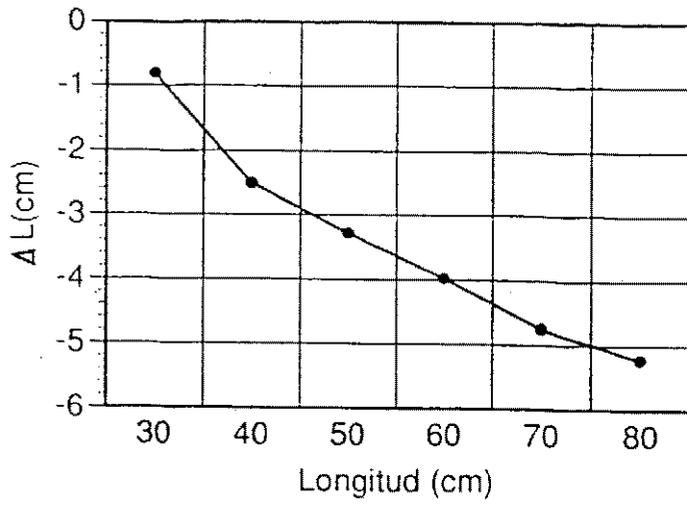
PITA-SISAL: ΔL (cm)

L (cm)	$\varnothing = 6$	$\varnothing = 8$	$\varnothing = 12$
30	-0,82	-1,28	-1,37
40	-2,52	-1,92	-2,75
50	-3,29	-3,11	-2,56
60	-3,98	-4,3	-3,2
70	-4,76	-5,54	-4,76
80	-5,22	-6,41	-5,76

PITA-SISAL: $\Delta L / L$

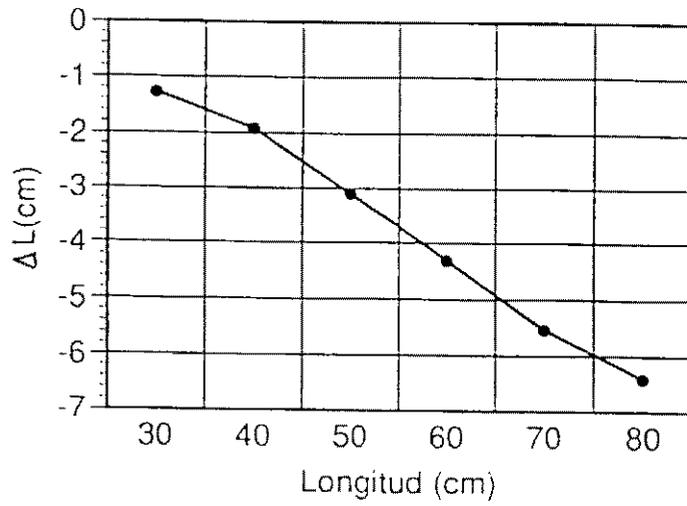


PITA-SISAL: $\Delta L / L$



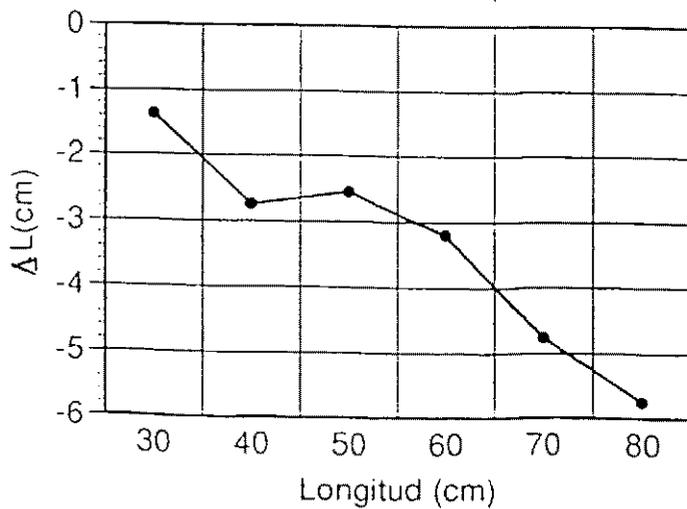
—●— $\text{Ø} = 6$

PITA-SISAL: $\Delta L / L$



—●— $\text{Ø} = 8$

PITA-SISAL: $\Delta L / L$

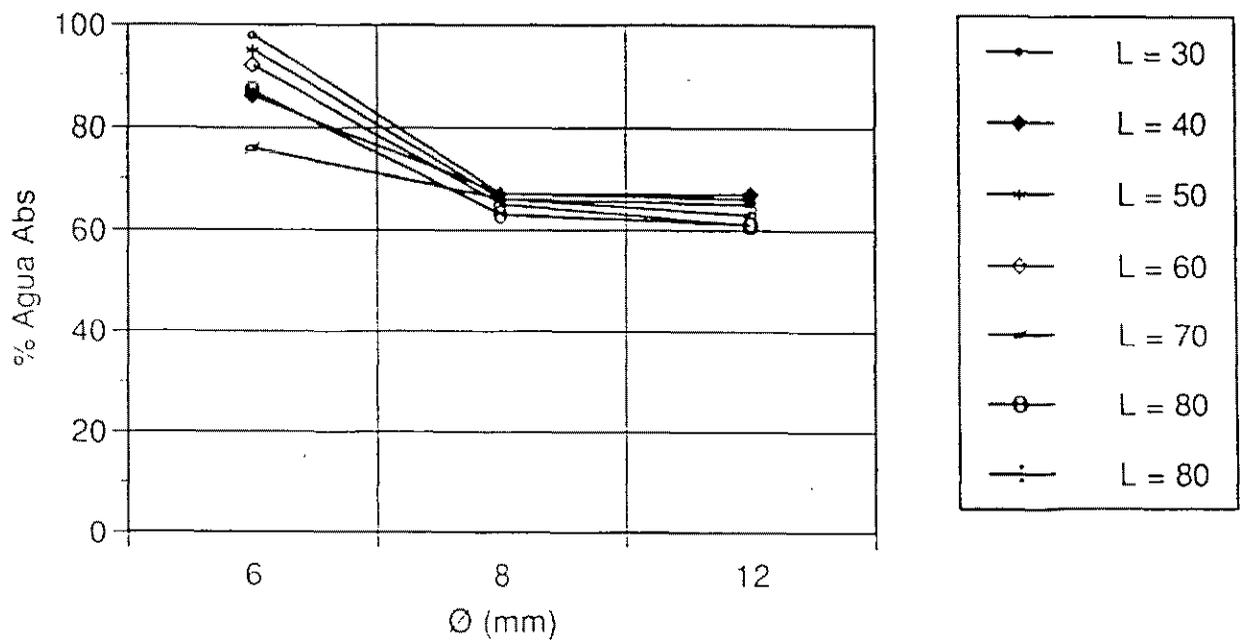


—●— $\text{Ø} = 12$

PITA-SISAL: % AGUA ABSORBIDA

Ø(mm)	L = 30	L = 40	L = 50	L = 60	L = 70	L = 80	L = 80
6	98	86	95	92	76	87	
8	67	67	66	65	66	63	
12	66	67	65	61	63	61	

PITA-SISAL: % Agua A



7.3.3. ESPARTO.

El diámetro de las muestrras experimentadas es de 6, 8 y 14 milímetros, considerando las mismas longitudes que en los casos analizados anteriormente.

Observando la gráfica $\Delta T / L$ se ve que la cuerda de $\Phi = 8$ mm presenta una distribución de puntos con desviaciones importantes respecto a la linealidad. No ocurre así en las otras dos ($\Phi = 6$ y $\Phi = 14$), para las que nos hemos arriesgado a calcular la ecuación de la recta que más se ajusta a esta distribución de pares.

Así par la cuerda de $\Phi = 6$ resulta:

$$\Delta T = 4,55 \times 10^{-3} L - 0,143$$

Donde ΔT se ha medido en Newton y L en cm.

Para $\Phi = 14$ mm resulta:

$$\Delta T = 4,04 \times 10^{-3} L - 0,086$$

La pendiente de la recta es para ambas muy pequeña y del mismo orden, lo que significa que, además del comportamiento análogo, esperado por ser de la misma naturaleza, el aumento de tensión por unidad de longitud es muy pequeño.

También aquí se observa que no hay ninguna relación entre el acortamiento y el diámetro.

La serie de $\Phi = 8$ mm. , que se aparta un poco del comportamiento seguido por las otras dos, es la que más cantidad de agua absorbe. Habría que hacer más pruebas y experiencias repetitivas, pero una explicación puede ser el que haya recibido un tratamiento distintos en el proceso de fabricación, ya que la serie entera (que pertenecía a la misma bobina), sí tiene coherencia consigo misma (% de agua absorbida muy similar entre sí y acortamientos crecientes a mayor longitud).

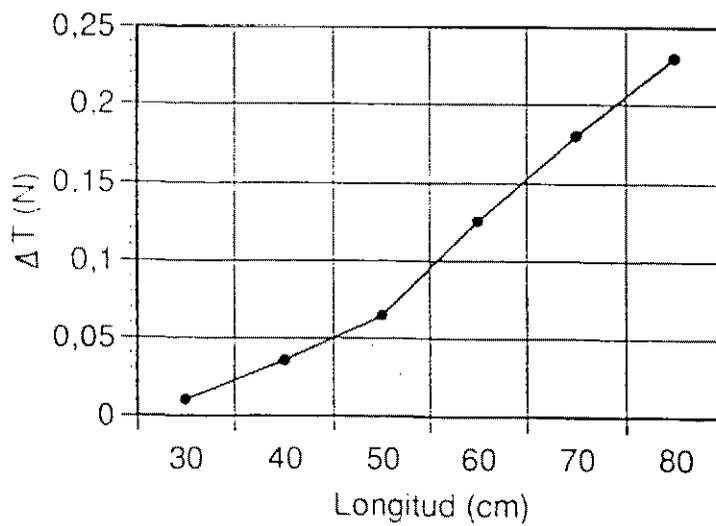
El esparto, además de encoger muy poco es de mojado lento. Posiblemente se deba a que la luz interna de la fibra tampoco es muy grande.

TABLAS Y GRAFICAS DEL ESPARTO

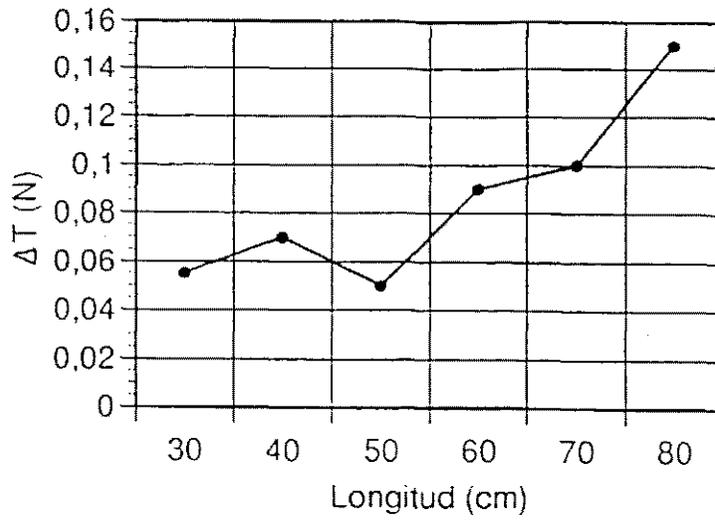
ESPARTO: ΔT (N)

L (cm)	$\varnothing = 6$	$\varnothing = 8$	$\varnothing = 14$
30	0,01	0,055	0,06
40	0,035	0,07	0,12
50	0,065	0,05	0,15
60	0,125	0,09	0,2
70	0,18	0,1	0,22
80	0,23	0,15	0,26

ESPARTO: $\Delta T / L$

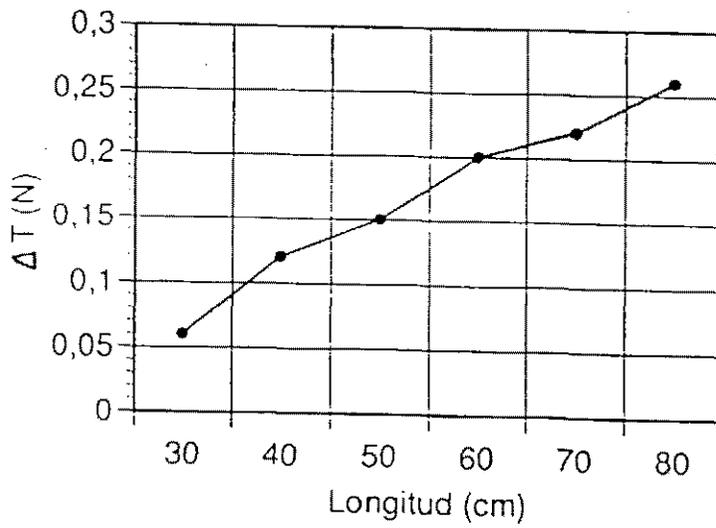


ESPARTO: $\Delta T / L$



—●— $\varnothing = 8$

ESPARTO: $\Delta T / L$

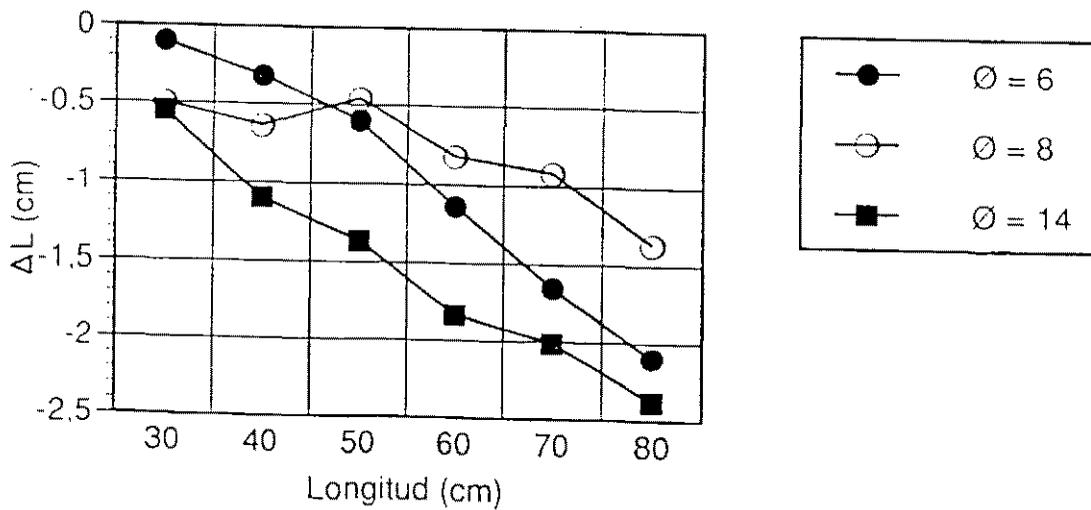


—●— $\varnothing = 14$

ESPARTO: ΔL

L (cm)	$\varnothing = 6$	$\varnothing = 8$	$\varnothing = 14$
30	-0,1	-0,5	-0,55
40	-0,32	-0,64	-1,1
50	-0,6	-0,46	-1,37
60	-1,14	-0,82	-1,83
70	-1,65	-0,92	-2,01
80	-2,1	-1,37	-2,38

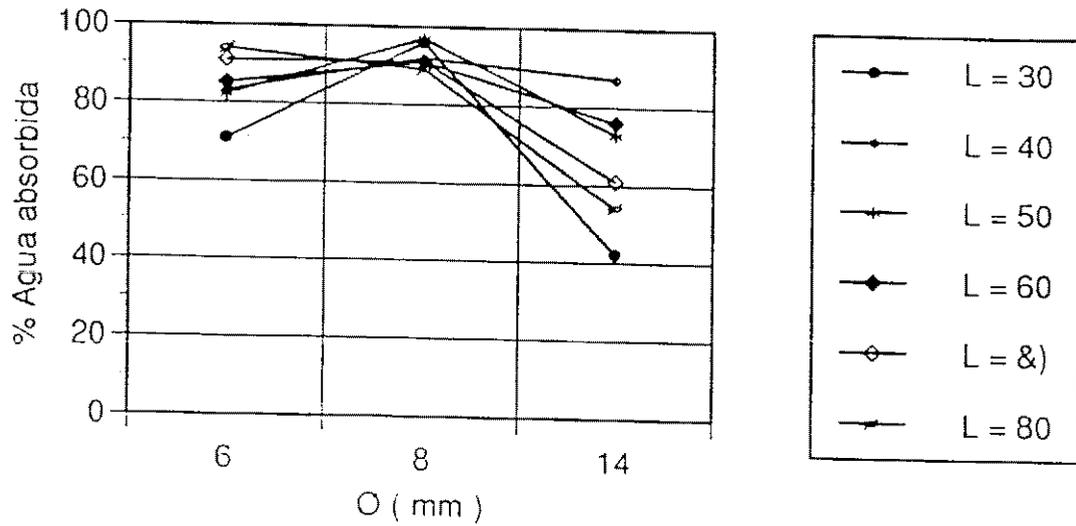
ESPARTO: $\Delta L(\text{cm}) / L(\text{cm})$



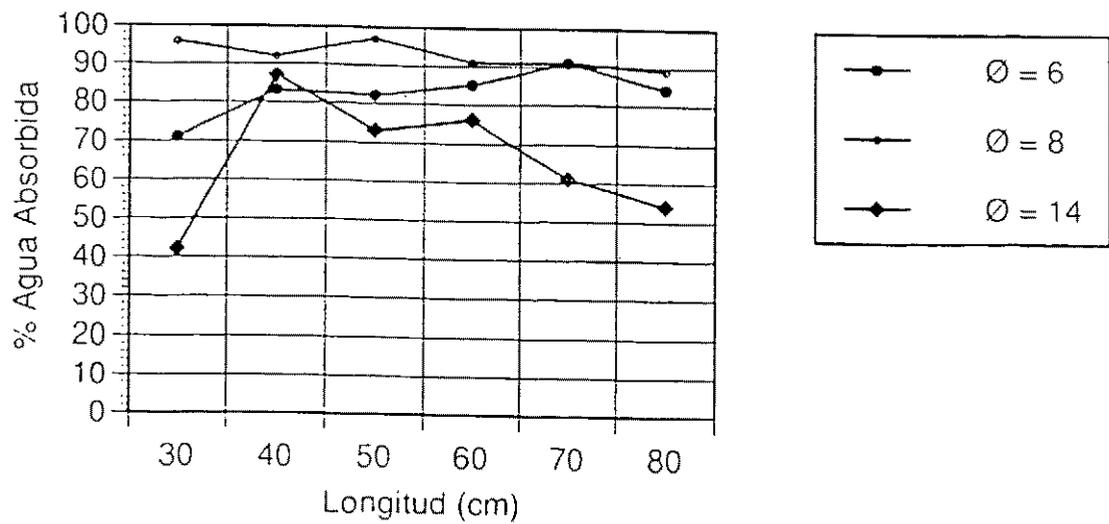
ESPARTO : % AGUA ABS.

L (cm)	$\varnothing = 6$	$\varnothing = 8$	$\varnothing = 14$
30	71	96	42
40	83	92	87
50	82	97	73
60	85	91	76
70	91	91	61
80	84	89	54

ESPARTO: % AGUA ABS / \varnothing



ESPARTO : % AGUA ABS. / LONGITUD



7.3.4. ALGODON

Al aplicar el mismo método de trabajo seguido en las experiencias anteriores a la cuerda de algodón nos encontramos con el hecho de que éste flota en el agua, modificando la dirección de la fuerza que aparece cuando se moja la cuerda. Este efecto procuramos contrarrestarlo introduciendo la muestra en adecuados tubos de vidrio.

Todas las series encogen en función de la longitud de las mismas (excepto dos casos que se apartan algo de esta tendencia). En general el algodón no engorge mucho (comparado con los otros materiales analizados), muy posiblemente porque sus fibras apenas tienen lumen interno, por lo que el agua que absorbe no hincha tanto la fibra como para acortarla mucho en longitud, permitiéndole a ésta incluso, alargarse un poco al principio del mojado y luego con el tiempo encogerse lentamente.

El algodón es casi celulosa pura, que cede a lo ancho un 17% y un 1% en longitud.

Sin embargo la hidrofiliidad de las fibras de celulosa es muy alta (supera en muchos casos el 100% del peso de la cuerda); pero el acortamiento sería mayor, como ya se ha dicho, si existiera luz interna, que es lo que mayoritariamente, hincha la fibra.

Lógicamente, cuanto mayor diámetro, más difícilmente llegará el agua a empapar las fibras centrales, y ésto se ve reflejado en la cuerda de diámetro 14 mm., que también encogió menos que la de 8.

La serie de 6 mm de diámetro no cumple con esta idea, pero éste fué el primer experimento que se hizo y la cuerda no se introdujo en tubos de vidrio cuando se mojó, así es que flotó y el porcentaje de agua absorbida y el acortamiento de la cuerda fue menor en todo a la de 8 mm. Probablemente si se hubiera mojado dentro del tubo, daría los valores más altos en ambos parámetros, comparada con la de 8 y 14.

Otro dato que avala esta hipótesis es que, mojada otra serie de 6 mm., las cuerdas más largas fueron las que menos agua absorbieron, dado que tenían mayor fuerza de flotabilidad que las más cortas.

A tal efecto se realizó una prueba con dos cuerdas de 8 mm de \emptyset y 70 cm de longitud y otras dos de de 12mm de \emptyset y 60 cm de longitud.

Estos fueron los resultados:

$\varnothing = 8 \text{ mm.}$		$\varnothing = 12 \text{ mm}$	
<u>70 cm</u>	<u>70 cm.</u>	<u>60 cm</u>	<u>60cm</u>
-2,73	-2,56	-1,1	-1,1
0,26	0,28	0,12	0,12
112	118	89	89

Donde la primera fila significa variación de longitud, en la segunda el ΔT , y en la tercera el % de agua absorbida.

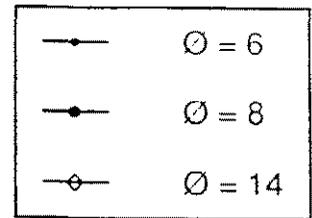
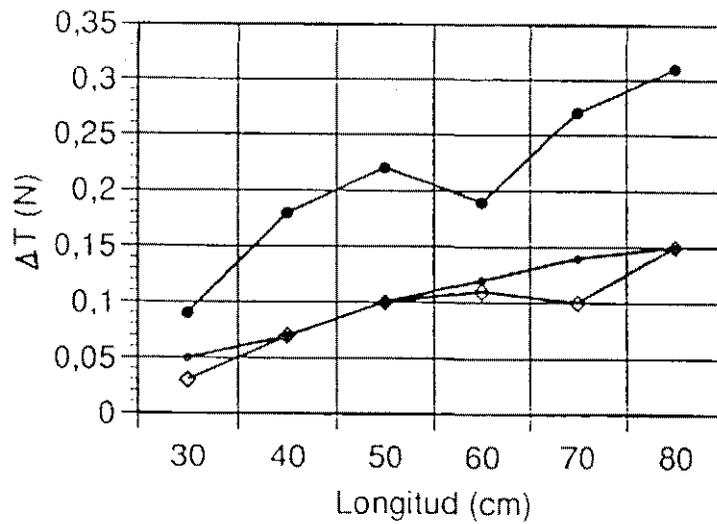
Estos datos ratifican la hipótesis.

TABLAS Y GRAFICAS DEL ALGODON

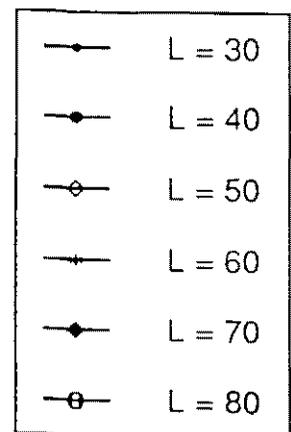
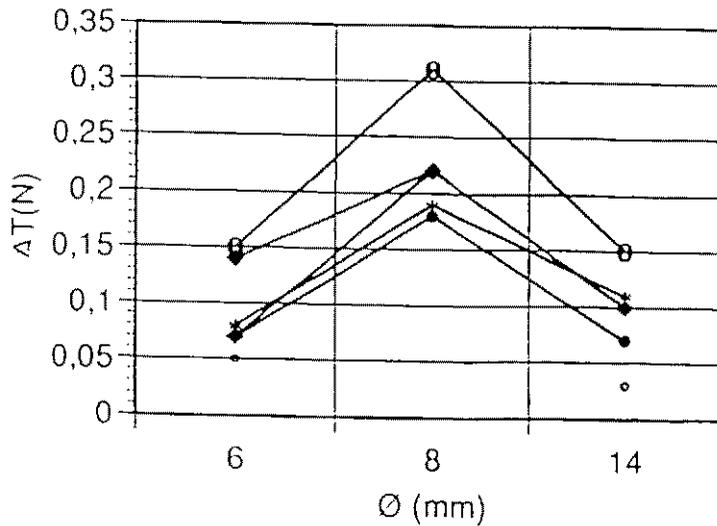
ALGODON: ΔT (N)

\varnothing (mm)	L = 30	L = 40	L = 50	L = 60	L = 70	L = 80
6	0,05	0,07	0,07	0,08	0,14	0,15
8		0,18	0,22	0,19	0,22	0,31
14	0,03	0,07	0,1	0,11	0,1	0,15

ALGODON: $\Delta T / L$



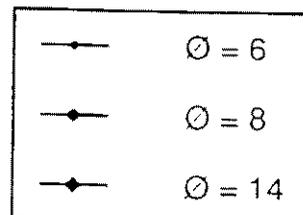
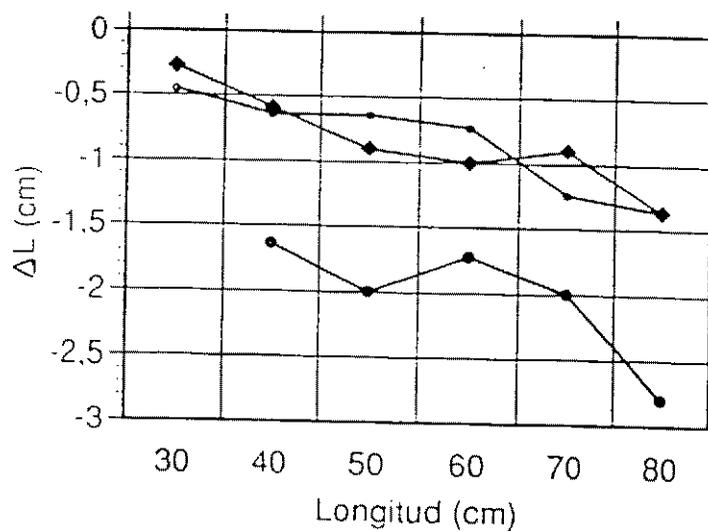
ALGODON: $\Delta T / \varnothing$



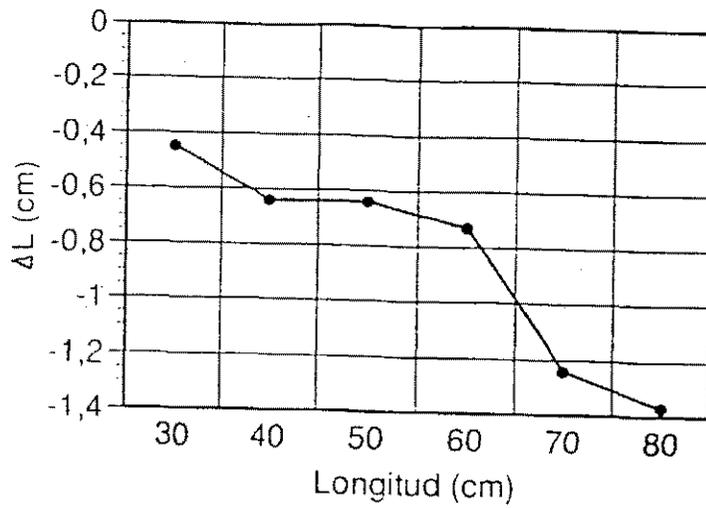
ALGODON: ΔL (cm)

L (cm)	$\varnothing = 6$	$\varnothing = 8$	$\varnothing = 14$
30	-0,45		-0,27
40	-0,64	-1,64	-0,59
50	-0,64	-2	-0,9
60	-0,73	-1,73	-1
70	-1,24	-2	-0,9
80	-1,37	-2,8	-1,37

ALGODON: $\Delta L / L$

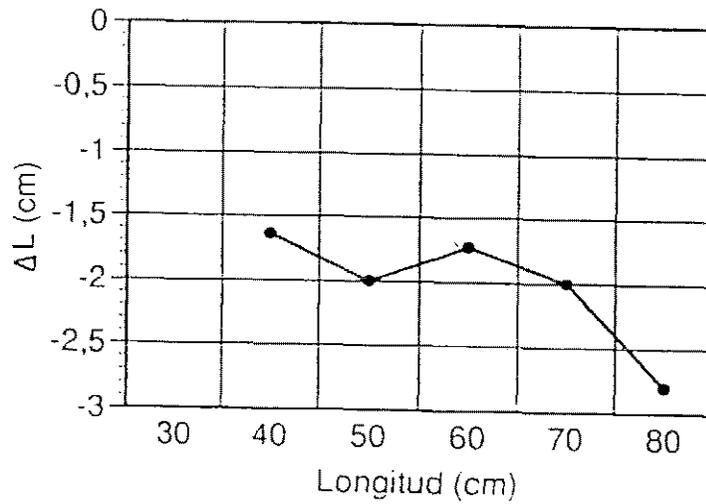


ALGODON: $\Delta L / L$



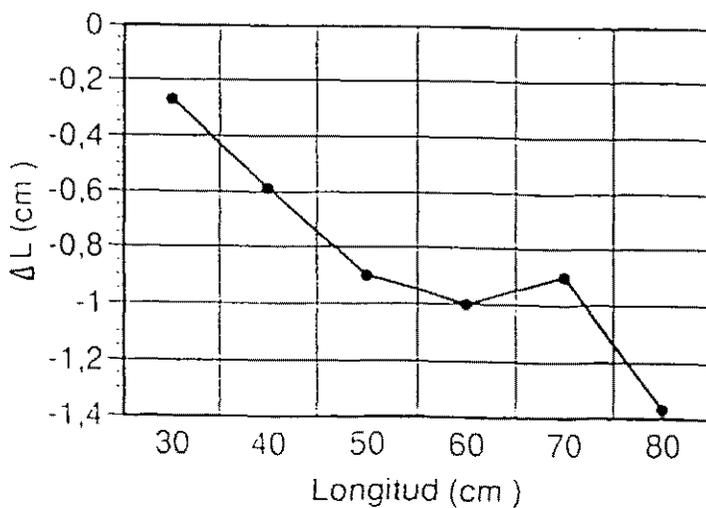
—●— $\text{Ø} = 6$

ALGODON: $\Delta L / L$



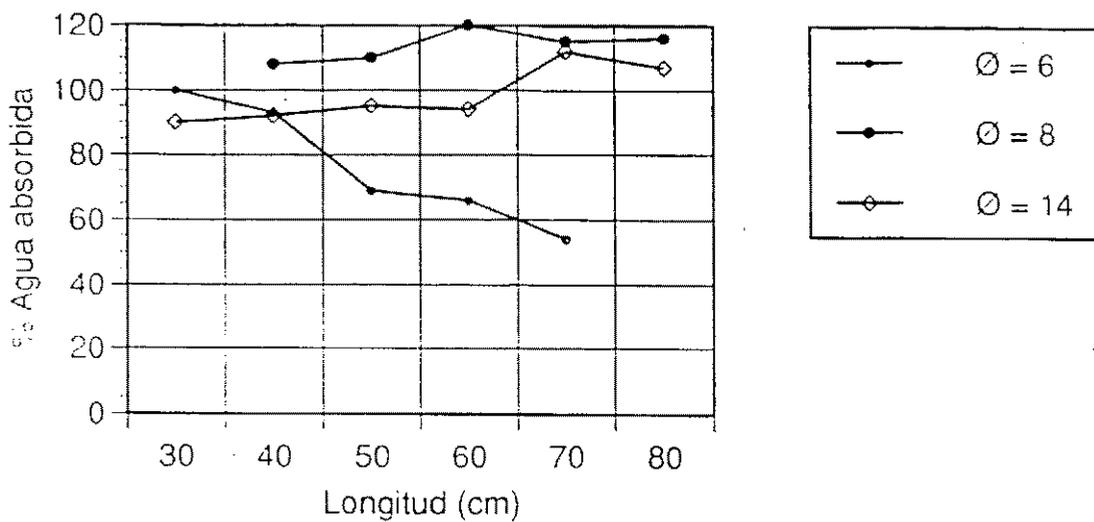
—●— $\text{Ø} = 8$

ALGODON: $\Delta L / L$



—●— $\text{Ø} = 14$

ALGODON: % AGUA ABS. / L



ALGODON: % AGUA ABSORBIDA

L (cm)	Ø = 6	Ø = 8	Ø = 14
30	100		90
40	93	108	92
50	69	110	95
60	66	120	94
70	54	115	112
80		116	107

7.4. CONCLUSIONES GENERALES.

1. *La variación de tensión depende de la longitud de la cuerda. En algunos casos esta relación es lineal.*

2. *El acortamiento de la fibra sigue la misma relación anterior. Las fibras que más encogen son aquellas que tienen un canal o luz interior mayor, al penetrar masivamente el agua en ellas (por presión osmótica). El agua hincha las células (o fibras) que al tener limitado su alargamiento por disponerse las cadenas de celulosa en paralelo según el eje horizontal, tienen que ensancharse y , por tanto acortarse.*

Algunos materiales, como el algodón y el esparto, se comportan algo diferente debido a su estructura interna (ver conclusiones específicas de estos materiales).

3. *Ni la variación de tensión ni el encogimiento presenta una relación clara con el grosor de la cuerda*

4. *Cuanto mayor es el diámetro de la cuerda, menos agua absorbe ésta. Lógicamente las fibras centrales tienen más restringido el acceso al líquido, aunque en la mayoría de los casos se las ha dejado hasta un día en remojo.*

Por esta razón cabría esperar que las cuerdas más gruesas encogiesen algo menos en relación con las más finas, pero los resultados no muestran nada en este sentido.

5. *Unos materiales se empapan más rápidamente que otros y por tanto la velocidad de encogimiento es mayor. Esto es debido, sin duda, a sus diferentes características naturales : capacidad de imbibición, tamaño del canal interno, cantidad de lignina presente en las membranas (que las dota de mayor rigidez y tenacidad una vez mojadas).*

6. *En algunas series del mismo material ha habido casos que se han apartado de la línea general seguida por el resto. Esto puede deberse a:*

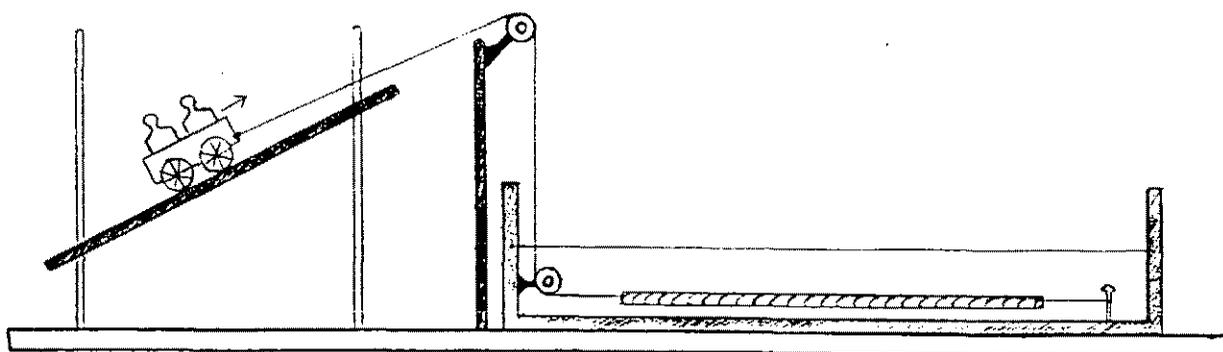
a) *Errores en el desarrollo de la experimentación.*

b) Que las condiciones iniciales no han sido iguales para todas las cuerdas (algunas estaban algo curvadas, otras quedaron más tensas cuando se las ajustó en la cubeta de mojado).

c) Diferencias en el tratamiento de las cuerdas y sus fibras en el proceso de fabricación (en el esparto una serie se comportó algo distinto al resto de las otras series).

7.5. APLICACION DE LA EXPERIENCIA

Para hacer más evidente los resultados obtenidos hacemos el montaje que muestra la siguiente figura:



Uno de los extremos de la cuerda dispuesta en la cubeta para mojarse se fija a un carrito que porta un peso. Ambos están en un plano inclinado.

Según va encogiéndose la cuerda al mojarse, el carrito va ascendiendo por el plano. Esta experiencia la hemos repetido varias veces, variando el peso que soporta el carrito y la inclinación del plano.

En todos los casos el carrito se ha movido y recorrido la distancia esperada.

Este sistema dinámico se utiliza en el aula para que los alumnos calculen la aceleración que adquiere el carrito. Todos los datos necesarios pueden ser medidos al realizar la experiencia.

7.6. PROLONGACION Y AMPLIACION DE LA EXPERIENCIA

El trabajo hasta ahora realizado y aquí expuesto no tiene por qué finalizar; muy al contrario, abre las puertas al desarrollo de otras experiencias derivadas de él.

A continuación enumeramos algunas ideas.

1. Medir la resistencia de las cuerdas secas y mojadas.

Es algo comprobado que las cuerdas mojadas aumentan su resistividad. Se trataría de medir esta diferencia en cuerdas de diámetro pequeño y con aparatos simples, fabricados en el propio laboratorio, lo mismo que fue diseñada y confeccionada la cubeta de mojado. El aparato mediría la fuerza de tracción que se aplica a las cuerdas hasta el mismo punto de su ruptura.

2. Comportamiento de las cuerdas tras varios procesos de mojado

¿ Encogerán las cuerdas igual ó menos después de ser mojadas una, dos o tres veces?

¿ La resistencia también decrecerá?

¿ Se podrá obtener una relación de proporcionalidad entre ambos?

Una prolongación del experimento principal daría respuesta a estas preguntas.

La duración del mismo sería algo mayor pues habría que mojar y dejar secar una serie de cuerdas, y al mismo tiempo medir su resistencia ala tracción.

Las conclusiones de este trabajo nos darían una idea de la vida media que tienen las sogas empleadas en marinería, por ejemplo.

3. Estudio de la variación de la tensión con el tiempo, a medida que la cuerda absorbe agua.

Según las experiencias realizadas la velocidad disminuye con el tiempo.

¿ Dependerá de la naturaleza de la cuerda?. ¿ De su grosor?.

4. Desarrollo de algunas prácticas de laboratorio .

Observación a través del microscopio de cortes de tallos de diversas plantas, identificando todas sus partes, especialmente los vasos liberianos y leñosos, que son las fibras que se utilizan en algunos vegetales para la fabricación de cuerdas, (ideal si se pueden conseguir cortes de cáñamo, yute, etc.) comparándolas con los de otros que no son utilizadas para este fin.

Observación al microscopio de fibras de algodón al natural (sin tratar)

Identificación de fibras de algodón frente al lino, cáñamo o yute al tratarlas con una disolución amoniacal de óxido cúprico, observando al microscopio el proceso a intervalos de tiempo progresivos, según se ha explicado en el apartado correspondiente al algodón.

8. CONSIDERACIONES FINALES

CONSIDERACIONES FINALES

Las consideraciones finales hay que hacerlas teniendo en cuenta que nuestra intención inicial no fue nunca la de enmerdar la plana a historiadores y arqueólogos de primera fila, sino que lo que realmente nos propusimos fue ser capaces de implicar a un grupo de profesores de áreas muy diversas en un trabajo de investigación común y , a la vez, conseguir que un grupo de alumnos trabajen tanto en una biblioteca, como en un laboratorio.

Creemos haber conseguido que:

- Sea operativa una palabra tan compleja como es la INTERDISCIPLINAREIDAD, a la que hemos querido llenar de contenido práctico.*
- Despertar en el alumnado el interés por el método científico , de forma que la palabra Ciencia no sea aplicable, por ellos, a determinadas áreas.*
- Algún alumno fuera capaz de decir que participar en esta experiencia “ Ha sido lo más molón en mis tres años de Instituto”*

Los resultados del laboratorio comprueban que las cuerdas de fibra natural encogen al imbibirse, generando una energía capaz de arrastrar por un plano inclinado un carrito cargado. Pero... ¿ Suficiente para arrastrar por sí sólo varias toneladas de piedra?

Es evidente que no, que esta fuerza por sí sólo no tiene la suficiente capacidad de tracción, pero creemos que su ayuda pudo ser un factor importante en el proceso de arrastre de estos grandes bloques.

Así que resumiendo diremos que:

Tracción animal más...

Tracción humana más...

Engrase de troncos más...

Terreno apisonado más...

La fuerza de las cuerdas al mojarse...

Podrían ser el motor adecuado para que un número pequeño de humanos diera la respuesta inteligente a un problema de apariencia difícil de resolver.

Nuestro trabajo en equipo fue demostrar que fué posible. Si alguien piensa que no lo fué, el diálogo de la Ciencia está abierto.

Madrid Noviembre 1992.

