



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FES IZTACALA

Evaluación del proceso de plastinación en
Echinocactus grusonii Hildmann, Monats
(Cactaceae)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

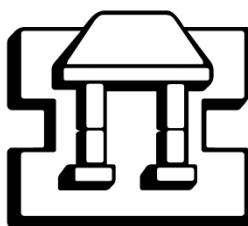
BIÓLOGO

PRESENTA:

Omar Alejandro Calderón Torres

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Jorge R. Gersenowies Rodríguez



LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MÉXICO 2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES, POR SU APOYO INCONDICIONAL Y POR HABERME BRINDADO
LA OPORTUNIDAD DE REALIZAR ESTA CARRERA.

A MI HERMANO POR SER MI MEJOR AMIGO, COMPAÑERO Y CÓMPLICE.

A MIS AMIGOS, GRAN PARTE DE LO QUE SOY Y HE VIVIDO SE LOS DEBO A
USTEDES.

A MIS PROFESORES, POR SER QUIENES ME FORMARON COMO
PROFESIONAL.

AL DR. JORGE R. GERSENOWIES RODRÍGUEZ, POR HABERME ASESORADO
EN ESTA TESIS, ORIENTADO Y BRINDADO SU AMISTAD.

A TODOS, MUCHAS GRACIAS.

*“EVOLUCIÓN, ES LA TRANSFORMACIÓN DE LA VISIÓN ESTÁTICA DEL MUNDO
E INTRODUCCIÓN A LA IDEA DE CAMBIO PERMANENTE A TRAVÉS DE LARGOS
PERIODOS TANTO EN LA TIERRA COMO EN LOS SERES VIVOS”.*

ROSAURA RUÍZ

ÍNDICE

RESÚMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1.1. PLASTINACIÓN EN TEJIDOS ANIMALES.....	8
1.1.2. PLASTINACIÓN LAMINADA.....	9
1.2. CARACTERÍSTICAS DE <i>Echinocactus grusonii</i>	10
2. ANTECEDENTES.....	12
3. JUSTIFICACIÓN.....	15
4. OBJETIVOS.....	16
5. MÉTODO.....	17
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
7. CONCLUSIONES.....	27
8. BIBLIOGRAFÍA.....	28
APÉNDICE.....	31

RESÚMEN

La plastinación es un proceso de preservación de tejidos que permite obtener especímenes, conservando las características originales y con la ventaja de estar secos, resistentes, inodoros, durables y no tóxicos. El proceso de plastinación consiste en la sustitución de los fluidos del organismo por resinas poliéster mediante impregnación del tejido.

Este proceso solo se ha practicado en tejidos animales y no en tejidos vegetales, es por eso que en este trabajo se evalúa el proceso de plastinación en *Echinocactus grusonii* tomando como indicador la alteración morfológica del organismo. También se comparó este proceso con otra técnica de preservación de tejidos vegetales que es el secado.

Los resultados obtenidos de la evaluación de la técnica de plastinación muestran que los organismos plastinados conservaron sus características originales así como también obtuvieron otras como ser secos, resistentes, durables, no tóxicos y con una alteración morfológica mínima.

De la comparación entre plastinados contra secados, se obtuvo que el proceso de plastinación preserva las características originales y altera poco la morfología de los organismos; lo contrario al secado, que altera morfológicamente casi en su totalidad al organismo, preservando pocas estructuras originales.

ABSTRACT

Plastination is a preservation process for obtaining tissue specimens, retaining original features and with the advantage of being dry, durable, odorless, durable and nontoxic. The plastination process involves replacing body fluids for polyester resins tissue preserved by impregnation.

This process has been practiced only in animal tissues and not in plant tissues, which is this paper evaluates the process of plastination in *Echinocactus grusonii*, taking as an indicator the morphological alteration of the body.

The results of the evaluation of the plastination technique show that the plastinated bodies retained their original features and also obtained other such as dry, tough, durable, non-toxic and with a minimal morphological alteration. A comparison between plastinates against dried, it was found that the process of plastination preserves the original characteristics and alters the morphology of some organisms, the opposite of drying, which morphologically altered almost entirely to the body, preserving few original structures.

1. - INTRODUCCIÓN

En el estudio de los tejidos vegetales es necesario preservarlos sin dañar la morfología al manipularlos. Actualmente existen técnicas de preservación de tejidos vegetales que alteran y no preservan por mucho tiempo el material vegetal. Una técnica que no se ha probado y evaluado en la preservación de tejidos vegetales es la plastinación. La plastinación fue implementada en 1978 en la Universidad de Heidelberg por Gunther Von Hagens para la preservación de tejidos animales (Douglass y Glover, 2003); permitiendo así la preparación de especímenes "reales" con la ventaja de estar secos, resistentes, inodoros, durables, y no tóxicos (Von Hagens et al., 1987). La plastinación consiste en 4 pasos que son la fijación, deshidratación, impregnación y polimerización (Grondin, 1998), que, de acuerdo con el Instituto de Plastinación (Institute for Plastination, 2006-2007) son:

I.-Fijación: El primer paso del proceso involucra detener la descomposición vertiendo un fijador dentro del organismo. La mezcla mata todas las bacterias y detiene la descomposición de los tejidos.

II.-Deshidratación: Es el segundo paso, consiste en la extracción del agua del organismo, sumergiéndolo en un baño de alguna sustancia solvente como acetona ó alcohol.

III.-Impregnación: Este es el paso clave en el proceso de plastinación. Puede ser forzada o no forzada. Durante la impregnación forzada un polímero, como la silicona o el poliéster, reemplaza al solvente. La diferencia entre la forzada y no forzada es el uso de la cámara de vacío para inducir la.

IV.-Polimerización: Es el paso final en donde el espécimen es endurecido. Dependiendo del polímero utilizado, se aplica un gas, luz o un catalizador.

Las técnicas más comunes de preservación de tejidos vegetales que se utilizan son:

a) Fijadores como mezcla de Navashin, FAA, GAW, mezcla débil de ácido crómico y FAG que son los utilizados para estudios anatómicos y morfológicos de plantas (Tejero y Granillo, 1998).

Estos fijadores son empleados para preservar la mayoría de las porciones duras de la plantas como los tallos, aunque tienen un inconveniente, no

preservan partes suaves como pétalos u órganos reproductores, no son permanentes y suelen alterarlos (Sandoval y Rojas, 2005).

b) La críopreservación que consiste en someter los tejidos, semillas e inclusive al organismo completo a temperaturas bajo cero. Con esta técnica se puede preservar cualquier tejido por tiempo prolongado y a su vez regenerarlo (Ruíz de Galarreta et al., 2003).

c) La sustitución de los fluidos naturales por formaldehidos, secado y refrigeración de los tejidos (Douglass y Glover, 2003).

d) El secado, que consiste en deshidratar los organismos.

Como una alternativa a las técnicas de preservación en el presente proyecto se comparará la plastinación como técnica de preservación de cactáceas con respecto a la que se utiliza comúnmente. Esta técnica se pretende aplicar y evaluar la morfología de las cactáceas. Para esto la planta seleccionada para plastinar fue *Echinocactus grusonii*. Esto es debido a que actualmente no se tiene registrado el empleo de esta técnica para la preservación de los tejidos de estos ejemplares, además del estatus de peligro de extinción e importancia comercial como planta ornamental.

1.1.1.- Plastinación en tejidos animales (figura 1).

La Anatomía se refiere a la ciencia que estudia la forma y estructura de los organismos. Es por ello que es necesario preservarlos para su estudio (Esau, 1985). Actualmente se tiene estandarizada la técnica para preservación de tejidos animales; el proceso es el siguiente:

a) Embalsamado y disección: El primer paso del proceso involucra detener la descomposición bombeando una mezcla de embalsamar dentro del cuerpo, a través de las arterias. La mezcla mata todas las bacterias y para la descomposición de los tejidos. Utilizando instrumental de disección se levanta la piel y se diseca hasta el plano que queramos mostrar (Institute for Plastination, 2006-2007).

b) Sustracción de agua y grasas del cuerpo: En el segundo paso, el agua y las grasas solubles del cuerpo son disueltas sumergiéndolo en un baño de alguna sustancia solvente, acetona por ejemplo (Institute for Plastination, 2006-2007).

c) Impregnación forzada: Este es el paso clave en el proceso de plastinación. Durante la impregnación forzada un polímero, como puede ser la silicona o

poliéster, reemplaza a la acetona. Para lograr esto el espécimen es sumergido en una solución del polímero y colocado en una cámara de vacío. El vacío permite la remoción de la acetona y ayuda al polímero a penetrar en la totalidad de las células (Institute for Plastination, 2006-2007).

d) Posicionamiento: Después de la impregnación forzada el cuerpo está listo para dejar la cámara de vacío y ser posicionado. Cada estructura anatómica individual es correctamente alineada y fijada con la ayuda de cables, agujas, grampas y bloques de espuma (Institute for Plastination, 2006-2007).

e) Curado (Endurecimiento): En el paso final el espécimen es endurecido. Dependiendo del polímero utilizado, se aplica un gas, luz o calor. La plastinación de un cuerpo entero requiere aproximadamente 1500 horas de trabajo y normalmente toma un año completar el proceso (Institute for Plastination, 2006-2007).

1.1.2.- Plastinación laminada: En este proceso el cuerpo es profundamente congelado y se realizan cortes topográficos en el plano deseado que varían entre 2 y 8 mm de espesor. En vez de silicona, usaremos resina de poliéster (técnica P-40) o de epoxy (técnica E-12) son usadas para la impregnación y posterior inclusión de los cortes en la fase de curación. Ofrece mayores ventajas el uso de poliésteres, ya que estos no tienden a amarillear, deberemos ser cuidadosos y tratar de evitar rayar (con la manipulación) el molde obtenido (Institute for Plastination, 2006-2007).



Figura 1. Plastinación de tejidos
animales(http://kircherlandscape.blogspot.com/2008_02_01_archive.html)

1.2.-Características de *Echinocactus grusonii*.

Echinocactus grusonii (figura 2) pertenece a la familia *Cactaceae*, subfamilia *Cactoideae*, tribu *Cacteae* (Britton y Rose, 1963). La familia *Cactaceae* se compone por unos 200 géneros y 2000 especies. Son nativas exclusivamente del continente americano, aunque actualmente por introducción se encuentra en otras partes del mundo. Los cactus son plantas suculentas, presentan espinas, pueden alcanzar el tamaño de un árbol, con hojas muy reducidas o ausentes. Presentan flores epigíneas y aunque se les encuentra ordinariamente en zonas áridas y secas; estas se extienden tanto al norte como al sur del continente (Cronquist, 1981). *Echinocactus grusonii* es originaria de las zonas áridas de los estados de Querétaro, Hidalgo y Puebla (Guzmán *et al*, 2003). Conocido como cactus barril de oro, presenta un tallo globular y generalmente solitario, aunque de los ejemplares adultos pueden brotar vástagos basales. Se tiene la creencia de que este cactus guarda agua y que esta es potable, lo cual es erróneo puesto que esta planta acumula alcaloides tóxicos en su tejido. Esta cactácea puede llegar a vivir hasta 100 años y su crecimiento es muy lento (Gibson y Nobel, 1990).

Presenta un tallo grande, simple, globoso, con el tiempo cilíndrico; de 20 a 130 centímetros de altura, frecuentemente de 40 a 80 centímetros de diámetro. De color verde claro, con el ápice aplanado y con lanosidad amarilla. Tiene entre 21 y 37 costillas rectilíneas delgadas y altas. Aréolas grandes, alargadas, distantes entre sí, las más cercanas al ápice con lana amarilla. Presenta espinas radiales y centrales color oros mientras más jóvenes y pálidos al envejecer. Las espinas radiales se disponen en número de entre 8 y 10, y miden más de 3 centímetros de longitud. Las centrales, entre 3 y 5, miden unos 5 centímetros; son fuertes, estriadas y rectas, aunque las centrales pueden presentarse ligeramente curvadas hacia abajo. También presenta un parénquima acuoso para la retención de agua. Las células de este tejido se han desprovisto de clorofila y se llenan de agua para almacenarla. Este tejido acuoso consta de células vivas de tamaño particularmente grande y con membranas casi siempre delgadas que se disponen a menudo en filas pudiendo ser largas. Cada una de las células consta de una capa citoplasmática parietal, un núcleo y una gran vacuola de contenido acuoso y algo mucilaginoso (Esau, 1985).

Las flores aparecen en las aréolas superiores de los ejemplares adultos en verano; miden de 4 a 6 centímetros de longitud y cinco centímetros de diámetro, los pétalos externos son amarillento, brillantes por dentro y castaños por fuera. Los frutos son oblongos o esféricos, desnudos hacia abajo, de 12 a 20 milímetros de longitud, de pared delgada y cubierta por escamas. Es una planta muy ornamental por el color amarillo de las espinas, tanto, que actualmente está casi extinta en su hábitat natural (Bravo-Hollis y Sánchez, 1991).



Figura 2. *Echinocactus grusonii*

([http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Echinocactus_grusonii_\(aka\).jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Echinocactus_grusonii_(aka).jpg))

2.-ANTECEDENTES

Mollenhauer (1959), evaluó y aplicó una técnica de fijación de tejidos vegetales usando permanganato de potasio debido a que la fijación de muestras con tetróxido de osmio y metacrilato no es tan eficaz para la observación de muestras utilizadas en microscopia electrónica. Mollenhauer cortó secciones de la raíz de *Zea mays* y las fijó con permanganato de potasio con tres tratamientos a diferentes concentraciones, las observó, fotografió y las comparó con las preparaciones de tetróxido de osmio y metacrilato. Observó que el permanganato de potasio es un buen fijador y mejora considerablemente la observación de las muestras ya que preserva bien los elementos celulares. Concluye que el permanganato de potasio en general es mejor fijador y el tetróxido de osmio preserva mejor las membranas celulares.

Von Hagens (1979), desarrolló la técnica de plastinación para preservar tejidos animales por medio de la sustitución de los fluidos corporales por polímeros polimerizables. La técnica se desarrolla en 5 etapas: a) embalsamado y disección, b) sustracción de agua y grasas, c) impregnación forzada, d) posicionamiento y e) curado. Como resultado se obtienen organismos resistentes, secos, manipulables y bien preservados.

Von Hagens y colaboradores (1987), mencionan que el proceso de plastinación tiene grandes ventajas para la preservación de la morfología original, permitiendo así la preparación de especímenes "reales" con la ventaja de estar secos, resistentes, inodoros, durables, y no tóxicos.

De Winter- Scailteur (1993), desarrolló un proceso de preservación de flores, tallos y hojas; con el objetivo de ofrecer un mejor producto que las flores de plástico o látex. El proceso consiste en cuatro pasos: a) deshidratación: se sustituye el agua por polietilenglicol, b) infiltración: se hace un remplazo del polietilenglicol y agua por un polímero de bajo peso molecular y algunos solventes orgánicos como polivinilpirrolidona, polivinil alcohol, acetato de celulosa, benzil o etil acetato y nitrocelulosa, c) drenado: en este paso se le quitan los excesos de la solución y d) secado: se deja secar al intemperie. Con

esto se obtienen especímenes, secos, con apariencia fresca y con los colores originales de la flor.

LeBeau (1997), patentó un proceso de preservación de plantas utilizando una fórmula hecha con glicerina, agua, fosfato de calcio y solución de sucrosa. Desarrolló esta técnica para no usar sustancias químicas que sean agresivas con los ejemplares, los manchen y los degeneren, restándoles color y forma natural. LeBeau somete los especímenes a preservar a dos pasos fundamentales: a) baño maría en una solución de sucrosa, fosfato de calcio, carbonato de magnesio, ácido oxálico, nitrato de sodio y sulfato de potasio a diferentes temperaturas y cantidades de solución; b) un baño de la misma solución a temperatura controlada y sustituciones de la solución de preservación; la cantidad de solución y temperatura dependerá de la planta a preservar. Posteriormente se dejan secar y se obtienen organismos completamente preservados, conservando el color, forma y olor originales.

Castellanos y colaboradores (2002), evaluaron la técnica de plastinación en hoja y flor de *Rosa gallica* para probar si el proceso de plastinación preserva estructuras microscópicas y macroscópicas. Concluyeron que la plastinación no altera los tejidos y permite observar las estructuras microscópicas del tejido, no altera las tinciones realizadas al tejido, también se conserva el volumen y formas naturales y da como resultado un material seco, manipulable y durable.

Gersenowies y Sánchez (2004), presentaron el proyecto de estandarización de la técnica de plastinación para su aplicación en cordados mexicanos utilizando polímeros de fabricación nacional del cual han surgido modificaciones de la técnica. Estas modificaciones se utilizaron para plastinar *E. grusonii*.

Silva (2004), patentó un proceso para obtener flores que se caracterizan por tener la apariencia y textura de flores frescas. El proceso consiste en reemplazar el agua de los tejidos de las flores por sustancias que no permiten el desarrollo de los microorganismos. El tratamiento comprende una etapa de deshidratación en la que el agua es extraída por medio de un solvente anhidro y de allí es absorbida progresivamente en los poros de un tamiz molecular.

Posteriormente se sustituye el solvente por una mezcla de polietilenglicoles, colorantes y el mismo solvente utilizado en la primera etapa. Por último, se procede a una etapa de escurrido y secado. Se obtienen flores de apariencia fresca de reciente corte y textura natural; además de durar mucho tiempo ya que no sufren el deterioro causado por microorganismos. Esta técnica aunque preserva los tejidos vegetales durante mucho tiempo, no es apta para ser utilizada como producto mercantil por que el solvente utilizado es altamente tóxico.

3.-JUSTIFICACIÓN

Actualmente varios métodos de preservación de tejidos vegetales que no son eficientes en la preservación de caracteres anatómicos por periodos prolongados y que además facilite el manejo de los tejidos. Por tanto es importante que exista una técnica que si lo permita, para que el material biológico que se estudie pueda durar el mayor tiempo posible y sea confiable para poder realizar cualquier tipo de estudios hasta formar colecciones. Así se tendría una técnica simple, poco costosa, eficaz y práctica para la preservación de material vegetal. Es por eso que en este trabajo se pretende evaluar la técnica de plastinación con resina poliéster MC -40 en cactáceas.

4.-OBJETIVOS

4.1.- OBJETIVO GENERAL

Adaptar y evaluar el proceso de plastinación de animales con resina poliéster MC-40 en *Echinocactus grusonii*.

4.2.- OBJETIVOS PARTICULARES

- Adaptar el proceso de plastinación en *Echinocactus grusonii* tomando como base el protocolo propuesto por Gersenowies y Sánchez (2004).
- Evaluar en *Echinocactus grusonii* las variaciones morfométricas provocadas por el proceso de plastinación.
- Proponer modificaciones a la técnica de plastinación para preservar *Echinocactus grusonii*.
- Comparar la técnica de plastinación contra la de secado.

5.- MÉTODO

Se obtuvieron 140 especímenes del jardín botánico FES Iztacala. Se formaron 2 grupos de 28 organismos con dos repeticiones y un grupo control.

Posteriormente a cada cactus se les tomaron sus medidas morfométricas: largo (figura 5), ancho (figura 6) y peso. El largo y ancho se tomaron con un vernier en centímetros (figura 3); y el peso con una balanza granataria en gramos (figura 4).

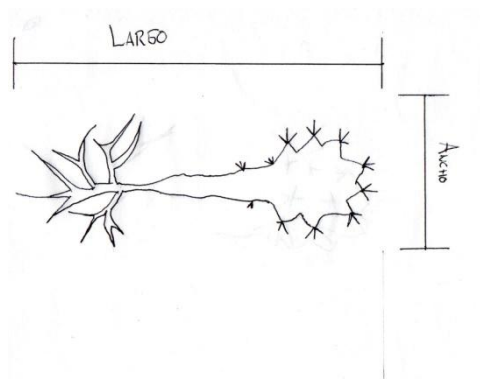


Figura 3. Esquema de las medidas morfométricas



Figura 4. Medición de peso.



Figura 5. Medición de largo.



Figura 6. Medición de ancho.

Seguido a esto se inicio el proceso de plastinación que a continuación se explican:

1. Deshidratación del cactus con acetona pura (figura 7) durante un mes.



Figura 7. Deshidratación de los cactus en acetona al 100%.

2.-Posteriormente se hizo la primera sustitución de resina MC -40 y acetona en proporción 1:1 y se dejó un mes.

3.-Al pasar el mes se hizo la última sustitución con la resina MC -40 al 100%.

4.-Posteriormente las preparaciones ya impregnadas se polimerizaron con catalizadores K-2000 (peróxido de metil etil cetona).

Al terminar el proceso de plastinación se volvieron a tomar las medidas morfométricas de los cactus plastinados y secados.

Posteriormente se llevó a cabo el análisis estadístico de las medidas obtenidas antes y después del proceso y también se compararon ambas técnicas.

6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ejemplares obtenidos del proceso de plastinación son resistentes, inodoros y tienen una apariencia natural, es decir que parecen ser reales; conservando su forma, estructura y características originales del organismo. Son duros, resistentes, manipulables y conservan ligeramente su color. El color en algunos ejemplares desaparece, pero en la mayoría se conserva en un 75 %.



Figura 8. *Echinocactus grusonii* plastinado.

Los ejemplares obtenidos de la técnica de secado son inodoros, secos y frágiles, presentan una pérdida de volumen mayor al 80% del volumen original. La morfología del organismo se modifica totalmente alterando las características y estructuras originales; por lo tanto lo vuelve poco manipulable, resistente y duradero. La preservación del color es irregular, en algunos ejemplares se altera levemente en otros desaparece.



Figura 9. *Echinocactus grusonii* secado.

Se obtuvieron 56 organismos plastinados, los cuales se les tomaron sus medidas morfométricas antes y después de ser preparados, posteriormente se obtuvo su porcentaje de deformación con la ecuación:

$$\% \text{ de deformación} = \frac{\text{medida inicial} - \text{medida final}}{\text{medida inicial}} \times 100$$

Las medidas y porcentajes obtenidos para todos los especímenes se pueden observar en el apéndice 1.

Con estas medidas, se elaboró con el programa Excel la matriz de datos (apéndice 1) para ser exportadas al programa Statistica versión 7; con el cual se realizó el análisis de los datos con las pruebas ANOVA y “t” de Student para datos pareados.

DISCUSIÓN

Es importante recordar que el proceso de plastinación es una técnica que generalmente se utiliza para animales y que en plantas no se ha aplicado, por lo tanto no existen trabajos que evalúen formalmente este proceso.

El presente estudio es el primero que evalúa la técnica de plastinación mediante las variaciones morfométricas que de este resulte. Las medidas que se utilizaron en este trabajo para obtener las variaciones que resulten del proceso fueron el peso, altura y ancho; estas funcionaron como indicadores de deformación que no se han considerado en ningún otro estudio.

Las medidas anteriores son las ideales para llevar a cabo el estudio bajo los objetivos planteados y para obtener resultados confiables ya que muestran las variaciones reales tomando las medidas morfométricas antes y después del tratamiento.

6.1.-Comparación entre el porcentaje de deformación.

6.1.1.-Peso

ANÁLISIS

Para evaluar los cambios ocurridos en el peso, se comparó entre especímenes plastinados y preparados con el método de secado utilizando el ANOVA unifactorial, teniendo como factor la condición (plastinación contra secados),

obteniéndose un $F = 2571.23$ con $p < 0.001$, lo que indica que hay una mayor pérdida de peso ($\tilde{Y} = 93.26\%$) en el método tradicional que con la plastinación ($\tilde{Y} = 36.14\%$). A continuación se muestra la tabla con los resultados estadísticos del análisis de varianza:

Pruebas univariadas para diferencias de Var2 (análisis OMAR) parametrización Sigma-restringida descomposición de hipótesis eficaz					
	SS	Deg r. of	MS	F	p
Intercept	485384.9	1	485384.9	2571.230	0.001
"Var 1"	81704.8	1	81704.8	432.815	0.001
Error	20576.5	109	188.8		
Prueba LSD; Var2 variable (análisis OMAR) Probabilidades de pruebas post hoc de error: Entre EM = 188,78, gl = 109,00					
	Var1	{1} 38.998		{2} 93.262	
1	Plastinado			0.001	
2	Secado	0.00			

DISCUSIÓN

El peso es un indicador importante ya que en este se refleja la pérdida o ganancia de componentes y fluidos durante el proceso de plastinación, lo cual nos da como resultado la reducción o aumento de tamaño.

Los organismos evaluados perdieron peso en ambos tratamientos, pero el que mostró una pérdida de peso importante fue el secado ya que tuvo una pérdida de hasta el 93% del peso total de los organismos contra el 36% de los plastinados.

Esta pérdida de peso deformó a los organismos en ambos tratamientos, pero en los secados fue más notorio y agresivo ya que el volumen de los organismos se redujo al mínimo y no conservó las características morfológicas y algunas estructuras propias del organismo; obteniendo organismos totalmente aplanados, frágiles, quebradizos y poco manipulables.

Lo contrario al secado, en la plastinación aunque perdieron peso por la deshidratación a la que son sometidos, este solo lo redujo de tamaño mas no alteró la forma y estructuras propias del organismo, esto coincide con lo que obtuvo Von Hagens en 1987.

6.1.2.-Ancho

ANÁLISIS

Para evaluar los cambios ocurridos en el ancho, se comparó entre especímenes plastinados y preparados con el método de secado utilizando el ANOVA unifactorial, teniendo como factor la condición (plastinación contra secados), obteniéndose un $F=141.13$ con $p<0.001$, lo que indica que hay un aumento del ancho ($\bar{Y}=28.16\%$) en el método tradicional que con la plastinación ($\bar{Y}=8.98\%$). A continuación se muestra la tabla con los resultados estadísticos del análisis de varianza:

Prueba Univariada de significación para var3 (análisis OMAR) parametrización Sigma-restringida descomposición hipótesis eficaz					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	39205.18	1	39205.18	141.1336	0.0000001
"Var1"	9747.80	1	9747.80	35.0908	0.0000001
Error	30278.86	109	277.79		

Prueba LSD; var3 variable (análisis OMAR) Probabilidades de pruebas post hoc de error: Entre EM = 277,79, gl = 109,00			
	Var1	{1} 9.4229	{2} 28.166
1	Plastinado		0.0000001
2	Secado	0.000000	

DISCUSIÓN

La anchura y altura son medidas que nos indican el tamaño de los organismos, por lo tanto son indicadores importantes de la deformación que pueda ocurrir durante el proceso. En cuanto al ancho hubo un aumento en los organismos secados debido al proceso al que son sometidos, ya que para secar los organismos se necesita una prensa la cual aplasta y deshidrata los ejemplares; debido a esto, se presentó ese aumento de anchura. Los organismos plastinados presentan un ligero aumento de anchura del orden del 9% conservando la forma y estructura originales del organismo, características que coinciden con Von Hagens en 1987.

LeBeau en 1997, en su trabajo obtiene resultados parecidos, conserva estructuras y forma originales, tamaño, inodoros, resistentes, conserva el color pero no son durables.

6.1.3.-Largo

ANÁLISIS

Para evaluar los cambios ocurridos en el largo, se comparó entre especímenes plastinados y preparados con el método de secado utilizando el ANOVA unifactorial, teniendo como factor la condición (plastinación contra secados), obteniéndose un $F=97.00$ con $p<0$, lo que indica que hay un aumento del largo ($\bar{Y}=3.22\%$) en el método tradicional que con la plastinación ($\bar{Y}= 34.59\%$). A continuación se muestra la tabla con los resultados estadísticos del análisis de varianza:

Prueba Univariada de significación para var4 (análisis OMAR) parametrización Sigma-restringida descomposición hipótesis eficaz					
	SS	Degr. of	MS	F	p
Intercept	39890.82	1	39890.82	97.00668	0.0000001
"Var1"	27486.86	1	27486.86	66.84266	0.0000001
Error	44822.68	109	411.22		

Prueba LSD; var4 variable (análisis OMAR) Probabilidades de pruebas post hoc de error: Entre EM = 411,22, gl = 109,00			
	Var1	{1} 34.695	{2} 3.2211
1	Plastinado		0.0000001
2	Secado	0.000000	

DISCUSIÓN

La anchura y altura son medidas que nos indican el tamaño de los organismos, por lo tanto son indicadores importantes de la deformación que pueda ocurrir durante el proceso. En cuanto al largo, hubo una deformación muy grande para los secados ya que por el proceso al que son sometidos se alargan demasiado además de perder su forma original. Para los plastinados se obtuvo un aumento de largo pero muy ligero.

6.2.-Comparación entre los volúmenes de los tratamientos.

6.2.1.- Plastinados

ANÁLISIS

Para evaluar los cambios ocurridos en el volumen de los ejemplares plastinados se obtuvo un promedio de deformación de 42.66, con una

desviación estándar de 9.10 y con un valor de $t = 199.07$ con $p < 0.01$, lo que indica que los ejemplares plastinados se deformaron en menor medida que los ejemplares secados.

DISCUSIÓN

En *Echinocactus grusonii* el proceso de plastinación fue aplicado conforme lo establece von Hagens añadiéndole algunas modificaciones (Gersenowies y Sánchez, 2004). Estas modificaciones nos proporcionaron especímenes con un margen de alteración mínimo. En la primera etapa, la deshidratación se realizó en frío lo cual permitió que durante este proceso el material no modificara en gran medida su forma por la sustitución del agua, reduciendo muy poco su tamaño. Se observó también que hubo pérdida considerable de color en los especímenes más pequeños, quedando algunos sin color. Este fenómeno ocurre porque los cloroplastos son disueltos por la acetona. Para la segunda y tercera etapa, la sustitución de acetona por resina MC-40 fue a temperatura ambiente y por impregnación no forzada ya que este tipo de impregnación altera muy poco las características originales del organismo.

6.2.2.-Secados

ANÁLISIS

Para evaluar los cambios ocurridos en el volumen de los ejemplares secados se obtuvo un promedio de deformación de 93.69, con una desviación estándar de 1.91 y con un valor de $t = 199.07$ con $p < 0.01$, lo que indica que los ejemplares secados se deformaron casi en su totalidad muy por encima de los plastinados.

DISCUSIÓN

La técnica de secado, por su proceso altera significativamente casi en un 100% las características originales de los organismos, no conserva color, tamaño, forma y peso, los vuelve frágiles y poco manipulables por lo tanto poco duraderos.

7.-CONCLUSIONES

- 1.-La plastinación es una forma adecuada para preservar tejidos vegetales obteniendo resultados semejantes a los de Mollenhauer (1959), LeBeau (1997) y Silva (2004).
- 2.-La plastinación con impregnación no forzada es lenta, sin embargo no altera la forma y estructura en el mismo grado que las técnicas tradicionales.
- 3.-Se obtuvieron especímenes resistentes, inodoros, durables, secos, no tóxicos y la preservación de la morfología original, tal como lo mencionan von Hagens y colaboradores (1987).
- 4.-La técnica de plastinación no modifica la morfología del organismo, aunque por el proceso de sustitución disminuye el volumen, peso y talla del ejemplar, en menor grado que otras técnicas.
- 5.-En el presente estudio se pudo determinar que la plastinación es una opción viable para la preservación de cactáceas.

8.-BIBLIOGRAFÍA

8.1.- Literatura citada

Bravo-Hollis, E. y Sánchez, H. (1991) "Las Cactáceas de México". UNAM. México. Pág. 108.

Britton, N. Rose, J. N. (1963) "The *Cactaceae*. Descriptions and Illustrations of plants of the cactus Family". Volumen III de IV. Dover publications, INC. New York. Pág. 166.

Castellanos, M. Castillo, G. Granados, C. Guerrero, C. Ojendiz, C. Orozco, V. y Pinto, A. (2002) "Evaluación de la técnica de plastinación aplicada a la hoja de la Rosa de Castilla (*Rosa gallica L.*)". FES Iztacala. UNAM.

Cronquist, A. (1981) "Introducción a la botánica". Compañía Editorial Continental S.A. México. Pág.664.

De Winter- Scailteur, N. (1993) "Long life cut flowers and method of treatment for obtaining such flowers". Date Patent: 12/October/1993. Patent number: 5,252,537. United States Patent.

Douglass, C. and Glover, R. (2003) "Plastination: Preservation technology enhances biology teaching". The American Biology Teacher. N° 65,4. Pág. 503.

Esau, K. (1985) "Anatomía Vegetal". Ediciones Omega S.A. Pag: 207.

Gersenowies, J. y Sánchez, G. (2004) "Estandarización de la técnica de plastinación para su aplicación en cordados mexicanos utilizando polímeros de fabricación nacional". Proyecto PAPIME. UNAM FES Iztacala. México.

Gibson, A. and Nobel, P. (1990) "The cactus primer". Harvard University Press. EUA. Pag: 1

Grondin, G. (1998) "Plastination: A modern approach to chiropractic teaching". The Journal of the Canadian Chiropractic Association. 42(2). Pag: 107-112.

Guzmán, U. Arias, S. y Dávila P. (2003) "Catálogo de cactáceas mexicanas". UNAM. México.

LeBeau, R. (1997). "Method and composition for plant preservation without leaf curling". US Patent 5627132. Patent Storm. <http://www.patentstorm.us/patents/5627132/description.html>

Mollenhauer, H. (1959) "Permanganate Fixation of Plant Cells". Journal Biophysic and Biochemical Cytol. Vol. 6. No. 3.Pags. 431- 435.

Ruíz de Galarreta, J., Sánchez, I., Ritter, E. and Barandalla, L. (2003) "Conservation of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars by cryopreservation". Spanish Journal of Agricultural Research. N°4, Pags. 9 – 14.

Sandoval, E. y Rojas, A. (2005) "Técnicas aplicadas al estudio de la anatomía vegetal". UNAM. México.

Silva, G. (2004). "Proceso para la preservación de flores naturales". (WO/2004/086864). World Intellectual Property Organization. <http://www.wipo.int/pctdb/en/wo.jsp?wo=2004086864&IA=WO2004086864&DISPLAY=DESC>.

Tejero, J. y Granillo, M. (1998) "Plantae: introducción al estudio de las plantas con embrión". UNAM – Iztacala.

Von Hagens, G. (1979) "Impregnation of soft biological specimens with thermosetting resins and elastomers". Anatomical Records; 194(2):247-255.

Von Hagens, G., Tiedemann, K. and Kriz W. (1987) "The current potential of plastination". *Anatomical Embryology*. 175: 411-421.

8.2.-Páginas WEB's

http://www.koerperwelten.de/en/plastination/plastination_process.html. ©
Institute for Plastination. 2006-2007.

http://kircherlandscape.blogspot.com/2008_02_01_archive.html. 4 de febrero de
2008.

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Echinocactus_grusonii_\(ak
a\).jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/25/Echinocactus_grusonii_(aka).jpg). 19 de junio de 2008.

APÉNDICE

<i>E. grusonii</i> sin Plastinar			
Número	Peso (g)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	0.4	0.69	4.23
2	0.4	0.63	4.56
3	0.4	0.82	3.73
4	0.9	0.78	5
5	0.5	0.69	4
6	1.1	0.71	5.95
7	0.8	0.79	2.83
8	0.4	0.65	3.95
9	0.8	0.79	3.25
10	1	0.67	5.58
11	0.6	0.69	3.15
12	0.5	0.67	2.96
13	0.7	0.64	4.28
14	1	0.87	6.05
15	0.5	0.81	5.13
16	0.6	0.66	4.37
17	1.2	0.78	6.49
18	0.8	0.69	5.56
19	0.5	0.65	3.23
20	0.7	0.72	5.33
21	0.8	0.82	4.47
22	0.7	0.7	3.63
23	0.9	0.73	5.57
24	2	1.47	5.35
25	2	1.99	4.97
26	2.15	1.51	5.37
27	2.3	1.39	5.26
28	2	1.35	4.77
29	1.9	1.14	4.91
30	2.2	1.35	4.62
31	1.9	1.35	4.86
32	2.2	1.27	6.22
33	2.8	1.42	5.99
34	2.2	1.43	5.16
35	2.5	1.55	5.65
36	2.2	1.39	5.12
37	2.2	1.36	5.63
38	2.4	1.37	7.63
39	1.6	1.05	4.08
40	2.8	1.5	6.45
41	2.1	1.3	5.05
42	1.6	1	3.33
43	1.3	1.21	4.85
44	1.2	1.43	5.09
45	1.1	1.36	3.88
46	1.5	1.98	5.21
47	1.1	1.33	6.23
48	1.7	1.57	6.38
49	1.3	1.2	5.09
50	1.6	1.52	7.24
51	1.3	1.45	6.43
52	2.2	1.57	7.69
53	4.2	1.92	8.62
54	4.1	2.16	7.85
55	5.3	2.29	8.79
56	11.16	2.14	11.44

Tabla de medidas morfométricas de *E. grusonii* antes de plastinar.

<i>E. grusonii</i> plastinados			
Número	Peso (g)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	0.4	0.48	2.31
2	0.4	0.57	2.43
3	0.45	0.64	2.67
4	0.6	0.72	2.9
5	0.4	0.6	2.37
6	0.6	0.68	2.64
7	0.5	0.62	2.33
8	0.4	0.52	3.02
9	0.4	0.64	2.46
10	0.5	0.65	2.41
11	0.3	0.69	2
12	0.3	0.52	2.35
13	0.4	0.63	2.47
14	0.6	0.69	2.37
15	0.3	0.6	2.56
16	0.3	0.5	2.29
17	0.6	0.68	2.73
18	0.4	0.68	2.35
19	0.3	0.62	2.39
20	0.4	0.5	2.42
21	0.5	0.72	1.94
22	0.3	0.59	3.12
23	0.5	0.53	1.9
24	1	1.38	3.61
25	1.2	1.13	3.91
26	1.3	1.24	4.23
27	1.2	1.42	4
28	1.5	1.46	4.15
29	1.2	1.57	4.21
30	1	1.3	4.02
31	0.8	1.19	3.9
32	1.5	1.26	4.67
33	1.9	1.12	4.27
34	1	1.29	3.9
35	1.5	1.25	4.15
36	1.1	1.22	4.76
37	1.1	1.5	4.03
38	1.4	1.23	3.74
39	0.9	1.9	3.65
40	1.4	1.59	4.39
41	0.9	1.27	3.89
42	0.7	0.93	3.09
43	0.6	1.18	3.56
44	1	1.06	3.46
45	0.7	1	3.46
46	0.6	1.14	4
47	0.6	1.1	3.65
48	1	1.32	3.5
49	0.8	1.09	3.68
50	1.2	1.41	3.93
51	0.9	1.28	3.71
52	1.6	1.56	3.23
53	2.5	1.83	3.97
54	3.9	2.14	4.11
55	11.7	2.64	6.23
56	4.8	2.5	4.69

Tabla de medidas morfométricas de *E. grusonii* después de ser plastinados.

% de deformación de plastinados		
Peso	Ancho	Largo
0	30,4347826	45,39007
0	9,52380952	46,71053
-12,5	21,9512195	28,41823
33,3333333	7,69230769	42
20	13,0434783	40,75
45,4545455	4,22535211	55,63025
37,5	21,5189873	17,66784
0	20	23,5443
50	18,9873418	24,30769
50	2,98507463	56,81004
50	0	36,50794
40	22,3880597	20,60811
42,8571429	1,5625	42,28972
40	20,6896552	60,82645
40	25,9259259	50,09747
50	24,2424242	47,59725
50	12,8205128	57,93529
50	1,44927536	57,73381
40	4,61538462	26,00619
42,8571429	30,5555556	54,59662
37,5	12,195122	56,59955
57,1428571	15,7142857	14,04959
44,4444444	27,3972603	65,88869
50	6,12244898	32,52336
40	43,2160804	21,32797
39,5348837	17,8807947	21,22905
47,826087	-2,1582734	23,95437
25	-8,1481481	12,9979
36,8421053	-37,719298	14,25662
54,5454545	3,7037037	12,98701
57,8947368	11,8518519	19,75309
31,8181818	0,78740157	24,91961
32,1428571	21,1267606	28,71452
54,5454545	9,79020979	24,4186
40	19,3548387	26,54867
50	12,2302158	7,03125
50	-10,294118	28,41918
41,6666667	10,2189781	50,98296
43,75	-80,952381	10,53922
50	-6	31,93798
57,1428571	2,30769231	22,9703
56,25	7	7,207207
53,8461538	2,47933884	26,59794
16,6666667	25,8741259	32,02358
36,3636364	26,4705882	10,82474
60	42,4242424	23,22457
45,4545455	17,2932331	41,41252
41,1764706	15,9235669	45,14107
38,4615385	9,16666667	27,70138
25	7,23684211	45,71823
30,7692308	11,7241379	42,30171
27,2727273	0,63694268	57,9974
40,4761905	4,6875	53,94432
4,87804878	0,92592593	47,64331
-120,75472	-15,283843	29,124
56,9892473	-16,82243	59,0035

Tabla de % de deformación de plastinados.

<i>E. grusonii</i> - Antes de secar			
Número	Peso (g)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	3.3	2.05	6.2
2	3.9	2.05	7.11
3	4.2	1.63	4.7
4	3.2	1.73	6.45
5	1.2	1.55	3.05
6	1.2	1.26	4.66
7	1.2	1.05	5
8	1.3	1.21	4.86
9	1	1.16	3.58
10	1	1.29	3.31
11	1.4	1.31	4.48
12	0.9	1.05	4.64
13	1.5	1.29	4.9
14	1	1.49	2.5
15	1.3	1.26	4.13
16	1.9	1.29	6.4
17	2	1.27	4.5
18	2.1	1.44	3.74
19	2	1.46	4
20	1.5	1.5	5.1
21	2.1	1.27	4.34
22	1.7	1.5	4.69
23	3.1	1.61	5.8
24	1.5	1.29	3.2
25	1.6	1.27	2.8
26	2.7	1.5	8.05
27	3.4	1.83	5.24
28	2.5	1.44	5.4
29	2.9	1.4	4.12
30	3	1.5	5.3
31	2	1.29	4.92
32	1.8	1.4	4.6
33	2.1	1.3	5.38
34	2.1	1.44	5.66
35	2.9	1.66	5.75
36	2.7	1.66	4.42
37	2.2	1.61	4.25
38	3	2	3.2
39	4.4	2.11	4.84
40	3.5	2.16	5.35
41	3.9	1.74	6.13
42	3.9	2.22	5.7
43	6.2	2.09	6.55
44	3.5	1.7	6.1
45	4.5	2	5.2
46	5.5	2.14	6.23
47	1.7	1.4	3.53
48	2.3	1.5	6
49	3.4	2.17	6.44
50	3.4	2.17	8.27
51	3.1	1.69	6.2
52	3.7	1.84	6.85
53	4	2	7.3
54	3.9	1.79	8.9
55	4.4	2.1	4.66
56	4.2	1.9	5.19

Tabla de medidas morfométricas de *E. grusonii* antes de secar

<i>E. grusonii</i> - Después de Secar			
Número	Peso (g)	Ancho (cm)	Largo (cm)
1	0.1679	1.62	2
2	0.2374	1.65	5.5
3	0.2276	1.14	5.01
4	0.1544	1.25	6.45
5	0.0315	0.99	4.16
6	0.0291	0.79	4.04
7	0.0509	0.85	4.96
8	0.0383	0.87	3.79
9	0.0397	0.7	2.74
10	0.838	0.97	3.7
11	0.052	1	3.44
12	0.0256	0.88	3.7
13	0.0602	1.03	6.13
14	0.033	1.1	2.1
15	0.0172	0.7	3.4
16	0.0285	1.1	4.95
17	0.0527	1.07	3.96
18	0.0801	1.32	2.8
19	0.136	1.06	3.29
20	0.2113	1.1	4.3
21	0.0836	0.87	5.8
22	0.1248	0.9	5.36
23	0.1573	1.48	6.77
24	0.0621	0.87	2.3
25	0.0651	1.18	3
26	0.0732	1.05	5.36
27	0.1929	1.01	5.2
28	0.1759	1.05	6.94
29	0.1677	1.2	4
30	0.1291	1.16	6
31	0.1598	1.16	5.38
32	0.1552	1	5.5
33	0.0609	1.8	2.04
34	0.0928	0.75	5.41
35	0.1972	1.01	5.18
36	0.1376	0.88	5.73
37	0.1958	1.1	4.66
38	0.2978	1.06	2.79
39	0.2988	1.2	6.2
40	0.1913	1.58	5.2
41	0.1285	0.9	5.68
42	0.339	1.18	3.95
43	0.4604	1.28	8.59
44	0.1101	1.27	6.66
45	0.3465	1.25	6.85
46	0.2101	1.1	5.21
47	0.0914	1.1	3.2
48	0.1656	1.05	6.1
49	0.1822	1.46	6.29
50	0.1826	1.2	7
51	0.2198	1.49	6.2
52	0.2308	1.45	6.5
53	0.3003	1.27	5.43
54	0.173	1.24	7.55
55	0.3201	1.44	7.5
56	0.2065	1.45	5.2

Tabla de medidas morfométricas de *E. grusonii* después de secar.

% de deformación de secados		
Peso	Ancho	Largo
94,91212	20,97561	67,74194
93,91282	19,5122	22,64416
94,58095	30,06135	-6,59574
95,175	27,74566	0
97,375	36,12903	-36,3934
97,575	37,30159	13,30472
95,75833	19,04762	0,8
97,05385	28,09917	22,01646
96,03	39,65517	23,46369
16,2	24,8062	-11,7825
96,28571	23,66412	23,21429
97,15556	16,19048	20,25862
95,98667	20,15504	-25,102
96,7	26,1745	16
98,67692	44,44444	17,67554
98,5	14,72868	22,65625
97,365	15,74803	12
96,18571	8,333333	25,13369
93,2	27,39726	17,75
85,91333	26,66667	15,68627
96,01905	31,49606	-33,6406
92,65882	40	-14,2857
94,92581	8,074534	-16,7241
95,86	32,55814	28,125
95,93125	7,086614	-7,14286
97,28889	30	33,41615
94,32647	44,80874	0,763359
92,964	27,08333	-28,5185
94,21724	14,28571	2,912621
95,69667	22,66667	-13,2075
92,01	10,07752	-9,34959
91,37778	28,57143	-19,5652
97,1	-38,4615	62,08178
95,58095	47,91667	4,416961
93,2	39,15663	9,913043
94,9037	46,98795	-29,638
91,1	31,67702	-9,64706
90,07333	47	12,8125
93,20909	43,12796	-28,0992
94,53429	26,85185	2,803738
96,70513	48,27586	7,340946
91,30769	46,84685	30,70175
92,57419	38,75598	-31,145
96,85429	25,29412	-9,18033
92,3	37,5	-31,7308
96,18	48,59813	16,37239
94,62353	21,42857	9,348442
92,8	30	-1,66667
94,64118	32,71889	2,329193
94,62941	44,70046	15,35671
92,90968	11,83432	0
93,76216	21,19565	5,109489
92,4925	36,5	25,61644
95,5641	30,72626	15,16854
92,725	31,42857	-60,9442
95,08333	23,68421	-0,19268

Tabla de % de deformación de plastinados.

	Peso	Ancho	Largo
Plastinado	0	30.4347826	45.39007092
Plastinado	0	9.52380952	46.71052632
Plastinado	-12.5	21.9512195	28.41823056
Plastinado	33.3333333	7.69230769	42
Plastinado	20	13.0434783	40.75
Plastinado	45.4545455	4.22535211	55.6302521
Plastinado	37.5	21.5189873	17.66784452
Plastinado	0	20	23.5443038
Plastinado	50	18.9873418	24.30769231
Plastinado	50	2.98507463	56.81003584
Plastinado	50	0	36.50793651
Plastinado	40	22.3880597	20.60810811
Plastinado	42.8571429	1.5625	42.28971963
Plastinado	40	20.6896552	60.82644628
Plastinado	40	25.9259259	50.09746589
Plastinado	50	24.2424242	47.597254
Plastinado	50	12.8205128	57.93528505
Plastinado	50	1.44927536	57.73381295
Plastinado	40	4.61538462	26.00619195
Plastinado	42.8571429	30.5555556	54.59662289
Plastinado	37.5	12.195122	56.59955257
Plastinado	57.1428571	15.7142857	14.04958678
Plastinado	44.4444444	27.3972603	65.88868941
Plastinado	50	6.12244898	32.52336449
Plastinado	40	43.2160804	21.32796781
Plastinado	39.5348837	17.8807947	21.22905028
Plastinado	47.826087	-2.15827338	23.95437262
Plastinado	25	-8.14814815	12.99790356
Plastinado	36.8421053	-37.7192982	14.25661914
Plastinado	54.5454545	3.7037037	12.98701299
Plastinado	57.8947368	11.8518519	19.75308642
Plastinado	31.8181818	0.78740157	24.91961415
Plastinado	32.1428571	21.1267606	28.71452421
Plastinado	54.5454545	9.79020979	24.41860465
Plastinado	40	19.3548387	26.54867257
Plastinado	50	12.2302158	7.03125
Plastinado	50	-10.2941176	28.41918295
Plastinado	41.6666667	10.2189781	50.98296199
Plastinado	43.75	-80.952381	10.53921569
Plastinado	50	-6	31.9379845
Plastinado	57.1428571	2.30769231	22.97029703
Plastinado	56.25	7	7.207207207
Plastinado	53.8461538	2.47933884	26.59793814
Plastinado	16.6666667	25.8741259	32.02357564
Plastinado	36.3636364	26.4705882	10.82474227
Plastinado	60	42.4242424	23.22456814
Plastinado	45.4545455	17.2932331	41.41252006
Plastinado	41.1764706	15.9235669	45.14106583
Plastinado	38.4615385	9.16666667	27.70137525
Plastinado	25	7.23684211	45.71823204
Plastinado	30.7692308	11.7241379	42.30171073
Plastinado	27.2727273	0.63694268	57.99739922
Plastinado	40.4761905	4.6875	53.94431555
Plastinado	4.87804878	0.92592593	47.6433121
Plastinado	-120.754717	-15.2838428	29.12400455
Plastinado	56.9892473	-16.8224299	59.0034965

Tabla correspondiente a la diferencia entre las medidas morfométricas antes y después de ser plastinados.

Secado	94.9121212	20.9756098	67.74193548
Secado	93.9128205	19.5121951	22.64416315
Secado	94.5809524	30.0613497	-6.59574468
Secado	95.175	27.7456647	0
Secado	97.375	36.1290323	-36.3934426
Secado	97.575	37.3015873	13.30472103
Secado	95.7583333	19.047619	0.8
Secado	97.0538462	28.0991736	22.01646091
Secado	96.03	39.6551724	23.46368715
Secado	16.2	24.8062016	-11.7824773
Secado	96.2857143	23.6641221	23.21428571
Secado	97.1555556	16.1904762	20.25862069
Secado	95.9866667	20.1550388	-25.1020408
Secado	96.7	26.1744966	16
Secado	98.6769231	44.4444444	17.67554479
Secado	98.5	14.7286822	22.65625
Secado	97.365	15.7480315	12
Secado	96.1857143	8.33333333	25.13368984
Secado	93.2	27.3972603	17.75
Secado	85.9133333	26.6666667	15.68627451
Secado	96.0190476	31.496063	-33.640553
Secado	92.6588235	40	-14.2857143
Secado	94.9258065	8.07453416	-16.7241379
Secado	95.86	32.5581395	28.125
Secado	95.93125	7.08661417	-7.14285714
Secado	97.2888889	30	33.41614907
Secado	94.3264706	44.8087432	0.763358779
Secado	92.964	27.0833333	-28.5185185
Secado	94.2172414	14.2857143	2.912621359
Secado	95.6966667	22.6666667	-13.2075472
Secado	92.01	10.0775194	-9.3495935
Secado	91.3777778	28.5714286	-19.5652174
Secado	97.1	-38.4615385	62.08178439
Secado	95.5809524	47.9166667	4.416961131
Secado	93.2	39.1566265	9.913043478
Secado	94.9037037	46.9879518	-29.638009
Secado	91.1	31.6770186	-9.64705882
Secado	90.0733333	47	12.8125
Secado	93.2090909	43.1279621	-28.0991736
Secado	94.5342857	26.8518519	2.803738318
Secado	96.7051282	48.2758621	7.340946166
Secado	91.3076923	46.8468468	30.70175439
Secado	92.5741935	38.7559809	-31.1450382
Secado	96.8542857	25.2941176	-9.18032787
Secado	92.3	37.5	-31.7307692
Secado	96.18	48.5981308	16.37239165
Secado	94.6235294	21.4285714	9.348441926
Secado	92.8	30	-1.66666667
Secado	94.6411765	32.718894	2.329192547
Secado	94.6294118	44.7004608	15.356711
Secado	92.9096774	11.8343195	0
Secado	93.7621622	21.1956522	5.109489051
Secado	92.4925	36.5	25.61643836
Secado	95.5641026	30.726257	15.16853933
Secado	92.725	31.4285714	-60.944206
Secado	95.0833333	23.6842105	-0.19267823

Tabla correspondiente a la diferencia entre las medidas morfométricas antes y después de ser secados.

Nota: Los ceros que aparecen en las dos tablas anteriores, indican que en esos casos no existe diferencia alguna entre las medidas morfométricas tomadas antes y después.

Volumen de Platinados			
Ancho (cm)	Largo (cm)	r2	Volumen
0.48	2.31	0.24	1.74169897
0.57	2.43	0.285	2.17570999
0.64	2.67	0.32	2.68417676
0.72	2.9	0.36	3.27982273
0.6	2.37	0.3	2.23367238
0.68	2.64	0.34	2.81989357
0.62	2.33	0.31	2.26917237
0.52	3.02	0.26	2.46677855
0.64	2.46	0.32	2.47306174
0.65	2.41	0.325	2.46065245
0.69	2	0.345	2.16769893
0.52	2.35	0.26	1.91951311
0.63	2.47	0.315	2.44431616
0.69	2.37	0.345	2.56872323
0.6	2.56	0.3	2.41274316
0.5	2.29	0.25	1.79856179
0.68	2.73	0.34	2.9160263
0.68	2.35	0.34	2.51013253
0.62	2.39	0.31	2.327606
0.5	2.42	0.25	1.90066356
0.72	1.94	0.36	2.19408831
0.59	3.12	0.295	2.89152188
0.53	1.9	0.265	1.5817919
1.38	3.61	0.69	7.82539314
1.13	3.91	0.565	6.94024941
1.24	4.23	0.62	8.23914089
1.42	4	0.71	8.92212314
1.46	4.15	0.73	9.51745494
1.57	4.21	0.785	10.3824925
1.3	4.02	0.65	8.2089816
1.19	3.9	0.595	7.29006575
1.26	4.67	0.63	9.24287975
1.12	4.27	0.56	7.51217635
1.29	3.9	0.645	7.90267632
1.25	4.15	0.625	8.14850595
1.22	4.76	0.61	9.12192843
1.5	4.03	0.75	9.4954638
1.23	3.74	0.615	7.22597726
1.9	3.65	0.95	10.8934725
1.59	4.39	0.795	10.9643154
1.27	3.89	0.635	7.76020509
0.93	3.09	0.465	4.5139974
1.18	3.56	0.59	6.59860121
1.06	3.46	0.53	5.76105261
1	3.46	0.5	5.43495529
1.14	4	0.57	7.16283125
1.1	3.65	0.55	6.30674725
1.32	3.5	0.66	7.25707903
1.09	3.68	0.545	6.30077823
1.41	3.93	0.705	8.70425369
1.28	3.71	0.64	7.4593976
1.56	3.23	0.78	7.91492853
1.83	3.97	0.915	11.4119924
2.14	4.11	1.07	13.815782
2.64	6.23	1.32	25.8352013
2.5	4.69	1.25	18.4175869

Tabla con volúmenes de E. grusonii platinados.

Volumen de Secados		Grosor			Volumen
Ancho (cm)	Largo (cm)	Grosor 1	Grosor 2	G/ total	
1.62	2	0.11	0.05	0.16	0.5184
1.65	5.5	0.16	0.12	0.28	2.541
1.14	5.01	0.1	0.18	0.28	1.599192
1.25	6.45	0.1	0.08	0.18	1.45125
0.99	4.16	0.01	0.01	0.02	0.082368
0.79	4.04	0.01	0.03	0.04	0.127664
0.85	4.96	0.05	0.09	0.14	0.59024
0.87	3.79	0.01	0.03	0.04	0.131892
0.7	2.74	0.1	0.01	0.11	0.21098
0.97	3.7	0.01	0.05	0.06	0.21534
1	3.44	0.03	0.05	0.08	0.2752
0.88	3.7	0.08	0.05	0.13	0.42328
1.03	6.13	0.04	0.08	0.12	0.757668
1.1	2.1	0.07	0.04	0.11	0.2541
0.7	3.4	0.05	0.08	0.13	0.3094
1.1	4.95	0.05	0.01	0.06	0.3267
1.07	3.96	0.06	0.01	0.07	0.296604
1.32	2.8	0.08	0.03	0.11	0.40656
1.06	3.29	0.25	0.24	0.49	1.708826
1.1	4.3	0.16	0.1	0.26	1.2298
0.87	5.8	0.13	0.08	0.21	1.05966
0.9	5.36	0.15	0.1	0.25	1.206
1.48	6.77	0.15	0.1	0.25	2.5049
0.87	2.3	0.14	0.08	0.22	0.44022
1.18	3	0.07	0.04	0.11	0.3894
1.05	5.36	0.06	0.04	0.1	0.5628
1.01	5.2	0.15	0.08	0.23	1.20796
1.05	6.94	0.08	0.05	0.13	0.94731
1.2	4	0.14	0.09	0.23	1.104
1.16	6	0.06	0.03	0.09	0.6264
1.16	5.38	0.13	0.09	0.22	1.372976
1	5.5	0.07	0.05	0.12	0.66
1.8	2.04	0.05	0.03	0.08	0.29376
0.75	5.41	0.095	0.04	0.135	0.5477625
1.01	5.18	0.185	0.1	0.285	1.491063
0.88	5.73	0.1	0.06	0.16	0.806784
1.1	4.66	0.08	0.05	0.13	0.66638
1.06	2.79	0.25	0.01	0.26	0.768924
1.2	6.2	0.165	0.1	0.265	1.9716
1.58	5.2	0.03	0.03	0.06	0.49296
0.9	5.68	0.16	0.09	0.25	1.278
1.18	3.95	0.25	0.19	0.44	2.05084
1.28	8.59	0.16	0.11	0.27	2.968704
1.27	6.66	0.06	0.03	0.09	0.761238
1.25	6.85	0.19	0.15	0.34	2.91125
1.1	5.21	0.14	0.11	0.25	1.43275
1.1	3.2	0.1	0.11	0.21	0.7392
1.05	6.1	0.09	0.09	0.18	1.1529
1.46	6.29	0.1	0.16	0.26	2.387684
1.2	7	0.1	0.24	0.34	2.856
1.49	6.2	0.2	0.16	0.36	3.32568
1.45	6.5	0.12	0.18	0.3	2.8275
1.27	5.43	0.16	0.2	0.36	2.482596
1.24	7.55	0.14	0.2	0.34	3.18308
1.44	7.5	0.21	0.22	0.43	4.644
1.45	5.2	0.12	0.11	0.23	1.7342

Tabla con volúmenes de E. grusonii secados.

Plastinados		
Antes	Después	
Volumen	Volumen	Deformación
3.11520328	1.5817919	49.22347721
3.29788689	1.74169897	47.18742558
3.41412582	1.79856179	47.3199908
3.51182935	1.90066356	45.87824842
3.99139347	1.91951311	51.90869736
4.03301957	2.16769893	46.25121714
4.03301957	2.17570999	46.05258033
4.3027253	2.19408831	49.00700935
4.33539786	2.23367238	48.47826087
4.51258369	2.26917237	49.71456419
4.53049077	2.327606	48.62353512
4.58468324	2.41274316	47.37383082
4.80443765	2.44431616	49.12378212
5.23075177	2.46065245	52.95795796
5.75759686	2.46677855	57.15610847
5.87257915	2.47306174	57.88797946
6.02620303	2.51013253	58.34636639
6.02808798	2.56872323	57.38742964
6.12610567	2.68417676	56.18461538
6.38701494	2.81989357	55.8495856
6.52712998	2.89152188	55.69994946
6.63582908	2.9160263	56.05633803
6.72929146	3.27982273	51.2605042
7.95168517	4.5139974	43.23219154
8.26788647	5.43495529	34.26427282
8.28877806	5.76105261	30.495755
8.79237536	6.30077823	28.338157
9.21821824	6.30674725	31.58388004
9.59442396	6.59860121	31.22462344
9.79705669	6.94024941	29.15985249
10.1151429	7.16283125	29.18704868
10.3059947	7.22597726	29.88568816
10.3122779	7.25707903	29.62680883
11.1790433	7.29006575	34.78810701
11.4333552	7.4593976	34.75758034
11.4847203	7.51217635	34.58981864
11.5905919	7.76020509	33.04737898
12.0272733	7.82539314	34.9362658
12.3535277	7.90267632	36.02899104
12.4083485	7.91492853	36.21287693
12.7371162	8.14850595	36.02550347
13.0154613	8.2089816	36.92899987
13.3608794	8.23914089	38.33384279
13.7562488	8.70425369	36.72509278
14.6453196	8.92212314	39.07867217
15.1974545	9.12192843	39.97726098
15.5356469	9.24287975	40.50534362
15.7340385	9.4954638	39.6501807
16.2040207	9.51745494	41.26485585
16.4196911	10.3824925	36.7680401
17.2862994	10.8934725	36.9820442
18.9646953	10.9643154	42.18564933
25.9973075	11.4119924	56.10317575
26.6344225	13.815782	48.12809625
31.6187163	18.4175869	41.75099731
38.4556074	25.8352013	32.81811646

Tabla con volúmenes y deformación de E. grusonii plastinados.

Secado		
Antes	Después	
Volumen	Volumen	Deformación
5.08508	0.082368	98.3802025
5.440168	0.127664	97.6533078
5.79768	0.131892	97.72509
6.10944	0.21098	96.5466557
6.3	0.21534	96.5819048
6.40485	0.2541	96.032694
6.407	0.2752	95.704698
7.54551	0.29376	96.1068238
7.61068	0.296604	96.1027924
7.99211	0.3094	96.1286819
8.23284	0.3267	96.031746
8.5095	0.3894	95.423938
8.572536	0.40656	95.2574127
8.6868	0.42328	95.1273196
9.155328	0.44022	95.1916523
9.2288	0.49296	94.6584605
9.317088	0.5184	94.4360298
9.41829	0.5477625	94.1840557
9.647136	0.5628	94.1661442
9.86154	0.59024	94.0147279
10.0464	0.6264	93.7649307
10.2784	0.66	93.5787671
12.384925	0.66638	94.6194264
12.46656	0.7392	94.0705375
12.59712	0.757668	93.9853871
12.6225	0.761238	93.9691979
12.663	0.768924	93.9277896
12.714624	0.806784	93.6546767
13.57382	0.94731	93.0210508
13.5945	1.05966	92.2052301
15.01556	1.104	92.6476269
15.21	1.1529	92.4201183
15.68	1.206	92.3086735
17.84915	1.20796	93.2323948
18.11572	1.2298	93.2114208
19.32	1.278	93.3850932
19.65786	1.372976	93.0156385
19.80342	1.43275	92.7651385
20.159118	1.45125	92.8010243
20.2215	1.491063	92.6263482
21.39837	1.599192	92.5265709
23.767605	1.708826	92.8102726
23.92	1.7342	92.75
24.26928	1.9716	91.8761496
25.837372	2.05084	92.0625054
26.34236	2.387684	90.9359526
29.58336	2.482596	91.6081338
31.862	2.5049	92.1382838
32.2834	2.541	92.1290818
33.12859	2.8275	91.4650759
33.3305	2.856	91.4312717
33.78618	2.91125	91.3833112
33.872	2.968704	91.235522
36.194732	3.18308	91.2056815
37.31328	3.32568	91.0871411
45.582586	4.644	89.8118988

Tabla con volúmenes y deformación de E. grusonii secados.