

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

"DETERMINACION DEL CONTENIDO DE VITAMINA "C"  
RETENIDO EN MANZANA Y PIÑA DESHIDRATADA POR  
METODOS DE SECADO SOLAR"



Informe de Tesis

Presentado por

FRANCISCA FULGENCIA PAC JUCUP

Para optar al título de

QUIMICO FARMACEUTICO

Guatemala, julio de 1989

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

DL  
O.  
1990 =

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA  
DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Dr. Federico Adolfo Richter Martínez  
Decano

Lic. Oscar Manuel Cóbar Pinto  
Secretario

Licda. Clemencia Gálvez de Avila  
Vocal Primero

Lic. Sergio Domingo Ortiz Martínez  
Vocal Segundo

Lic. Roberto Gómez Ralón  
Vocal Tercero

Br. Tamara Ileana Velásquez Porta  
Vocal Cuarto

Br. Javier Hernández Ramos  
Vocal Quinto

DEDICO ESTA TESIS

A mi Patria GUATEMALA

A la UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A la FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

AL LICENCIADO JORGE MATUTE

Por la ayuda brindada a este estudio en el procesamiento de datos.

AL LICENCIADO JOSE ANTOLIN DEL BUSTO LEDESMA

Quien siempre me brindó todo el apoyo y asesoría necesaria para la realización de esta investigación.

## ACTO QUE DEDICO

A MIS PADRES:

Juan Antonio Pac y Pac

Margarita R. Jucup de Pac (†)

A quienes a lo largo de mi vida me han guiado y brindado todo su amor y apoyo, permitiéndome alcanzar mis metas.

A MI ESPOSO:

José Manuel Tay Oroxom

A MI HIJO:

Enrique Antonio

A MIS HERMANOS:

Reynerio, Juan Antonio, Liliam y Gloria.

## INDICE

	Página
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCION	2
3. ANTECEDENTES	4
4. JUSTIFICACIONES	9
5. OBJETIVOS	10
6. HIPOTESIS	11
7. MATERIALES Y METODOS	12
8. RESULTADOS	18
9. DISCUSION	26
10. CONCLUSIONES	51
11. RECOMENDACIONES	52
12. REFERENCIAS	53
13. ANEXOS	56
ANEXO 1: Descripción del Secado Solar	56
ANEXO 2: Reactivos	67
ANEXO 3: Descripción de aparato para determinación de agua	69
ANEXO 4: Descripción de la Gráfica de Tukey	71

## 1. RESUMEN

Con regularidad las noticias del procesamiento de productos agrícolas ocupan espacios preferentes en lecturas especializadas o en periódicos de consumo popular.

El proceso de deshidratado de frutas es uno de los procedimientos que continuamente son preferidos como mecanismos de preservación.

Sin embargo la calidad del producto es controlado en forma poco precisa y los controles son poco confiables. Esta circunstancia motivó este estudio, que resume el efecto de dos procedimientos clásicos en el uso del sol de humedad al exterior de la fruta y así producir un alimento susceptible de conservarse.

Durante la parte experimental se evaluó el efecto de dos procedimientos de secado, uno de exposición directa a la radiación solar y el otro de exposición a una corriente de aire calentado sobre el material. Alternadamente se evaluó el efecto de bisulfito de sodio como antioxidante en el contenido de vitamina "C" de dos frutas de uso popular y disponibilidad abundante: manzana y piña.

A través del análisis estadístico de los resultados obtenidos para la manzana, se llegó a la conclusión de que la fruta expuesta al sol en forma directa sufre una pérdida mayor de vitamina "C" que la que se deshidrata por el procedimiento indirecto. También se concluye que la presencia de bisulfito de sodio a una concentración de 0.03 por ciento, hizo que se retuviera un porcentaje mayor de vitamina "C" en ambos métodos de secado.

En el caso de la piña, debido a sinergismos presentes entre el método de secado y la presencia de bisulfito, no se puede hablar directamente de un mejor proceso en forma general, pero de todas las posibles combinaciones entre método de secado, presencia de bisulfito, así como concentración y tiempo de exposición del mismo fue: aplicar bisulfito de sodio al 0.05 por ciento con un tiempo de exposición de tres minutos, con el método de deshidratación indirecto.

## 2. INTRODUCCION

La alimentación es una necesidad básica del hombre que se satisface por la ingesta de alimentos provenientes de varias fuentes. Las materias alimenticias son producidas principalmente por la agricultura, y la industria se ocupa de aprovechar esta materia prima para convertirla en productos terminados para consumo en cualquier época.

En un país tropical como Guatemala se disfruta de un suministro constante de productos en diferentes estaciones climáticas, unas cosechas se suceden a otras y unos frutos se sustituyen, alternándose. Esto implica necesariamente la abundancia y la escasez de unos y otros.

Como la demanda es constante y la oferta variable, se ha llegado a establecer que se debe contar con una tecnología que permita, por procesos simplificados, mantener la disponibilidad de estos productos en forma constante en las diferentes épocas del año.

La tecnología como conocimiento sistemático que un grupo de personas posee sobre las ciencias y artes industriales está obligada a dar respuestas prácticas, eficaces y eficientes a los requerimientos crecientes de la humanidad. en esta dinámica debemos considerar el desarrollo en sí misma y los recursos que se requieran para ejecutarla.

La deshidratación ofrece ventajas particulares en la conservación de alimentos, y de hecho se vienen usando desde épocas inmemorables, actualmente el método de secado solar utilizado en regiones rurales de Centroamérica y en algunas industrias pequeñas en virtud de sus características ventajosas en la conservación de alimentos de diferente clase (4).

Básicamente se distinguen dos formas para llevar a cabo este proceso: secado solar directo y secado solar indirecto (2), (4).

El secado solar directo y el secado solar indirecto presentan diferentes

características que en muchos casos no han sido consideradas y evaluadas adecuadamente por lo que incorrectamente se han utilizado indistintamente.

Este trabajo tuvo como propósito determinar el porcentaje de vitamina "C" retenido en la aplicación de los dos procedimientos del método de secado solar, además de establecer la influencia que tiene en la retención de vitamina "C" un pretratamiento de la fruta con bisulfito de sodio como antioxidante.

Asimismo se estableció el porcentaje de humedad en la fruta antes y después del secado.



### 3. ANTECEDENTES

#### 3.1 Deshidratación Solar:

La deshidratación de alimentos tales como frutas, carnes, granos y vegetales mediante la energía solar es una práctica muy antigua y ha evolucionado a la par del desarrollo tecnológico de la humanidad.

La ONUDI (1979) y el ICAITI (1985), mencionan que este procedimiento se emplea aún en muchas regiones del mundo, y ha tomado auge en otras en virtud de sus ventajas intrínsecas (2), (4).

El objetivo del proceso de deshidratación es reducir la humedad hasta un porcentaje que permite que los alimentos se conserven efectivamente. Aparte de la conservación se deshidratan los alimentos para disminuir su peso y volumen a fin de producir artículos convenientes para su consumo (12).

Los análisis bromatológicos de algunos productos deshidratados en ICADA CHOQUI (Quetzaltenango) en 1980, realizados con la colaboración de la Organización BELGA ATOOL, determinaron que el valor nutritivo de los azúcares, albúminas y minerales de los productos deshidratados por el método directo conservan el nutritivo y no presentaron señales de putrefacción por mohos (1).

Los resultados experimentales de un secador solar en Kampur (India), operado entre junio de 1971 y julio de 1972, demostró que para productos con contenido de humedad de 85 por ciento (por ejemplo ciruela y melocotón), previa sulfuración, pueden obtenerse valores finales de humedad de 15 a 20 por ciento y del 5 al 6 por ciento, con tiempo de secado de 11 a 18 horas (2).

En el Instituto de Investigación de la Zona Arida Central de Jodhpur, el RRL de Jmmu y el Instituto Indio de Tecnología de Kharagur ha desarrollado secadores solares de tipo armario; en 1976 gran parte de la cosecha de albaricóque de Cachemira se secó por este procedimiento (2).

Cornejo y Gonzales (1984) quienes trabajaron su tesis en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), operaron un secador solar tipo carpa (directo) donde fueron evaluados los cambios nutritivos que sufren algunas hojas comestibles. Los resultados obtenidos demostraron que la pérdida en el contenido de proteínas no es significativo en algunas hojas, también mencionan que no se presentan pérdidas importantes en el contenido de carotenos. Las humedades que se alcanzaron en dicho trabajo se encuentran entre el 7 y el 8 por ciento (3).

En el Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI), se han realizado trabajos experimentales a pequeña y gran escala sobre secado de granos y alimentos mediante energía solar. Actualmente se dispone de datos para secado de frijol, maíz y arroz en secadores solares de pequeña escala, tanto de tipo directo como indirecto. Uno de estos trabajos indica que el tiempo de secado será menor dentro del secador que al aire libre, además se pueden alcanzar humedades más bajas en el primero y que por consiguiente se puede obtener un factor de seguridad mayor para el almacenamiento de granos (4).

En 1983 en Boulder, Colorado, la American Solar Energy Society Inc., determinó los valores de retención de Vitamina "C" en dos productos deshidratados, a través de tres métodos de secado: directo, indirecto y secado al aire libre. Ellos señalan que el deshidratado indirecto es el más eficiente debido a que la retención de Vitamina "C" es mayor que con el deshidratado directo (5).

La mayoría de personas que realizan la labor de secado de diferentes frutas, verduras, o plantas medicinales, la ejecutan de manera rudimentaria y sin tener en cuenta diversas variables que determinan la calidad del producto obtenido (4).

Actualmente en Guatemala, se encuentran operando empresas de tamaño mediano y micro que ya tienen en el mercado productos secados mediante la energía solar, tales como: limón en El Rancho, municipio de El Progreso, tabaco

en Teculután municipio del Departamento de Zacapa; nuez de macadamia en el Palmar, Quetzaltenango; así como apio y perejil en Santiago Sacatepéquez, Guatemala. Además en el área rural algunos granos como maíz, frijol y arroz son secados al aire libre.

El empleo de las plantas medicinales ha tomado gran relevancia en los últimos tiempos y las personas que se dedican a la medicina natural han encontrado en el secado solar la manera de presentar al público productos que presenten fácil manipulación, bajo costo y que puedan conservarse por mucho tiempo. En el Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología apropiada (CEMAT), se emplea el procedimiento de deshidratación solar por secadores de tipo directo e indirecto para las plantas medicinales. En Cubulco Baja Verapaz, la Cooperativa Santiago Cubulco, R.L. está aplicando el secador solar tipo indirecto a productos apícolas, entre estos se encuentra el polen, de gran demanda en la aplicación de medicina natural.

Los secadores solares utilizados en Guatemala son: Secadores solares directos y secadores solares indirectos (6). (Ver descripción de ambos métodos en anexo No. 1). Las dos fases principales del proceso utilizado en los secadores agrícolas solares son el calentamiento solar del fluido utilizado (generalmente el aire) y el secado mismo, en el que el fluido ya calentado extrae la humedad del material que se ha de secar (2).

### 3.2 Vitamina "C"

Uno de los azúcares-ácidos más importantes es el ácido l-ascórbico y el ácido L-dehidroascórbico. Su propiedad principal es la facilidad con que puede ser reversiblemente oxidado y reducido, características en que reside posiblemente su participación en muchos procesos metabólicos. Entre las funciones más conocidas en que interviene el ácido ascórbico está la hidroxilación de algunos aminoácidos (13).

La ausencia prolongada de ácido ascórbico en la dieta de la especie humana, ocasiona la enfermedad carencial denominada escorbuto, una deficiencia

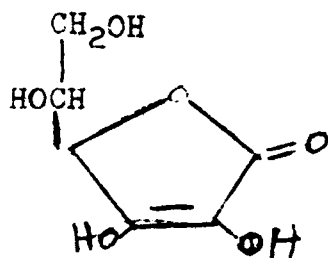
menor produce alteraciones en la estructura del tejido conjuntivo y disminuye la resistencia frente a algunas infecciones (10). El ácido ascórbico se halla presente en frutas y verduras. El contenido de vitamina "C" de los alimentos varía con la especie vegetal, el clima, la madurez y el almacenamiento (11). La vitamina "C" es fácilmente destruida por la oxidación especialmente a temperaturas elevadas, se pierde durante el procesamiento y cocimiento de los alimentos (12).

La vitamina "C" presente en las frutas y verduras se oxida tanto con el aire como una enzima, la oxidasa del ácido ascórbico presente en las mismas. En la planta viva la enzima está separada de la vitamina, pero cuando el tejido de las frutas y verduras se daña al marchitarse, machucarse, cortarse finamente o en rodajas, la enzima entra en contacto con la vitamina "C" y principia la oxidación en la superficie húmeda expuesta dando como resultado el oscurecimiento de los productos (11,15,16).

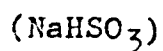
Un antioxidante como implica el término, tiende a prevenir la oxidación, los antioxidantes más efectivos son sustancias químicas sintéticas (12). El bisulfito de sodio se encuentra entre estas sustancias, es un polvo granuloso o cristales blancos o blanco amarillentos, de olor característico a bióxido de azufre, e inestable al aire (1 g se disuelve en 4 ml de agua).

El bisulfito de sodio es descompuesto por los ácidos; liberando ácido sulfuroso que se comporta como una solución de bióxido de azufre en agua. Se emplea como antioxidante de la vitamina "C" de acuerdo a la reacción siguiente (7), (14).

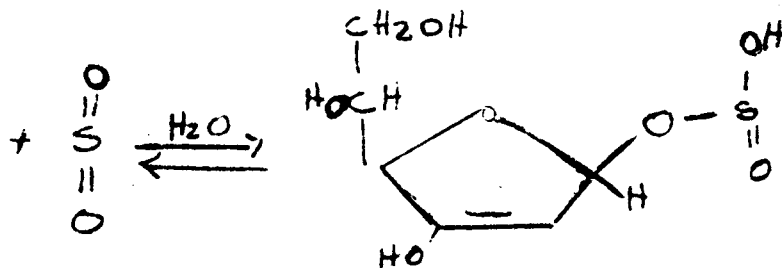
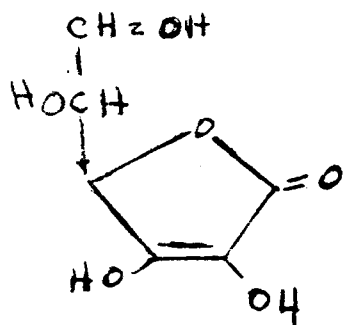
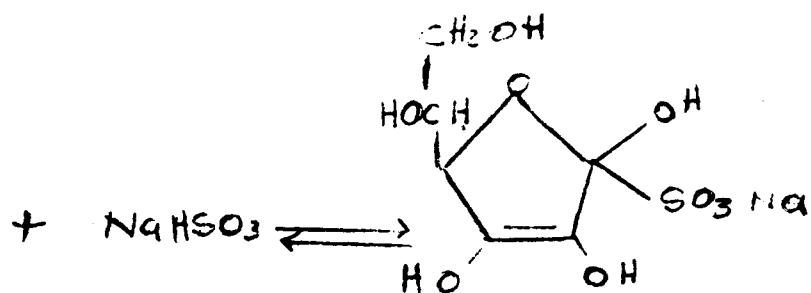
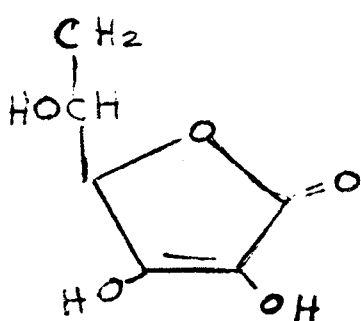
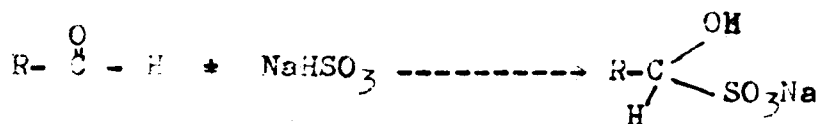
Estructura de la vitamina "C".



Estructura del bisulfito de sodio



Reacción antioxidante:



#### 4. JUSTIFICACIONES

Es bien sabido que existen en nuestro medio gran diversidad y abundancia de frutas, pero grandes cantidades de ellas se pierde por falta de conservación. Una solución a esto es el desecado solar de las mismas, la cual no implica gastos de energía. Como consecuencia de las ventajas que ofrece la energía solar, se ha notado un marcado interés por contar con un procedimiento, de fácil operación, bajo costo y alto rendimiento.

Debido a que la vitamina "C" es un componente lábil de las frutas y los vegetales. La retención de ésta varía según el método de secado solar empleados; directo o indirecto. Esta evaluación fue necesaria para modificaciones al proceso de secado empleado, con el objeto de que las frutas mantengan el mayor contenido posible de vitamina "C" hasta que lleguen al consumidor.

## 5. OBJETIVOS

### Objetivos Generales:

5.1 Determinar cuál es el procedimiento más efectivo para retener la vitamina "C" en piña y manzana, luego de ser deshidratada por el método de secado solar directo e indirecto.

5.2 Evaluar la influencia que tiene en la pérdida de Vitamina "C" el efecto de un tratamiento con bisulfito de sodio.

### Objetivos Específicos:

5.3 Determinar cuantitativamente mediante análisis químico la Vitamina "C" en la piña y manzana fresca.

5.4 Determinar cuantitativamente el porcentaje de Vitamina "C" retenido en piña y manzana deshidratada por el método de secado solar directo e indirecto.

5.5 Determinar cuantitativamente la Vitamina "C" retenida en piña y manzana tratadas con bisulfito de sodio, luego de ser deshidratada por el método de secado solar directo o indirecto.

5.6 Determinar el porcentaje de humedad inicial de la piña y manzana.

5.7 Determinar el porcentaje de humedad después del secado.

## 6. HIPOTESIS

6.1 En manzana y piña deshidratada al sol, el porcentaje de pérdida de vitamina "C", así como la pérdida de humedad es mayor cuando se expone directamente a los rayos del sol que cuando se realiza en cámara cerrada recibiendo energía solar indirecta, a través de aire caliente.

6.2 El bisulfito de sodio utilizado como antioxidante, disminuye la pérdida de vitamina "C" durante el proceso de deshidratación solar.



## **7. MATERIALES Y METODOS**

### **7.1 UNIVERSO DE TRABAJO**

#### **7.1.1 Descripción de los materiales secados:**

##### **Manzana Banana Winter:**

Las manzanas que se utilizan deben tener buena textura, un mínimo de defectos que requieren corte, y suficiente tamaño (de 3 a 2.25 pulgadas) para que el pelado sea económico, y se tenga un rendimiento de rodajas del 53 al 78 por ciento (16).

##### **Piña Hawaiana:**

La piña debe presentar las siguientes características genéricas promedio: 16 cm de altura, por 12 cm de diámetro en su parte más ancha con piel, peso de la piña pelada y descorazonada 910 gramos y peso de la piña con penacho y sin mondar 2,000 gramos (17).

### **7.2 MEDIOS**

#### **7.2.1 Recursos Materiales:**

##### **7.2.1.1 Equipo:**

- Secadora Solar Directa
- Secadora Solar Indirecta
- Pirheliómetro
- Balanza Analítica
- Licuadora.

##### **Cristalería:**

- Uso común de laboratorio.

**7.2.1.2 Reactivos:** (Ver en el anexo No. 2 la preparación de estos).

- Acido ascórbico
- Acido sulfúrico
- Acido clorhídrico
- Almidón
- Acetaldehído
- Bicarbonato de sodio
- Hidróxido de sodio
- Yodo resublimado
- Yoduro de potasio
- Trióxido de arsénico
- Bisulfito de sodio
- Naranja de metilo
- Tolueno

**7.3 PROCEDIMIENTO**

**7.3.1 Preparación de la manzana y piña**

Se seleccionó 80 manzanas y 10 piñas que tuvieran similar tamaño, seguidamente la fruta fué lavada, escurrida, pelada, descorazonada y cortada en rodajas de 0.5 cm en una cortadora manual y calibrada para tal propósito (16),(18),(19).

Se dividió cada fruta en 30 lotes de 200 gramos cada uno.

**7.3.2 Determinación de la Vitamina "C"**

**7.3.2.1 Preparación del Stándard:**

Se preparó cuatro patrones con 2,3,4,5 mg de vitamina "C". Los patrones se disolvieron en agua libre de dióxido de carbono adicionando dos ml de ácido sulfúrico 2N y aforándose a 100 ml. Se adiciona un ml de almidón y se tituló con una solución de yodo 0.02N hasta que se produjo una coloración azul (7).

### 7.3.2.2 Determinación de vitamina "C" en fruta fresca:

Se trabajó sobre un peso de 5 gramos de fruta fresca, triturándose con 50 ml de agua recién hervida y enfriada, luego se filtró la mezcla recibiendo el líquido filtrado en un balón aforado a 100 ml de capacidad. El filtrado se mezcló con agua recién hervida y enfriada y dos ml de ácido sulfúrico diluido. Esta mezcla se diluyó hasta el aforo de 100 ml. Se adicionó un mililitro de almidón y se tituló con solución de yodo 0.02N hasta que se produjo un color azul que permaneció durante 30 segundos (8),(9).

Las determinaciones se realizaron en quintuplicado para la manzana y la piña.

### 7.3.2.3 Determinación de vitamina "C" en fruta deshidratada sin antioxidante. (Para piña y manzana):

El procedimiento se realizó igual que el anterior (inciso 7.3.2.2).

La determinación de vitamina "C" se realizó en quintuplicado.

### 7.3.2.4 Determinación de vitamina "C" en fruta deshidratada con antioxidante:

Se trabajó sobre 5 gramos de fruta seca, triturándose con 50 ml de agua recién hervida y enfriada, se filtró el triturado; y el líquido filtrado se recibió en un balón aforado de 100 mililitros de capacidad, se adicionó 5 ml de solución de acetaldehído recién preparado. La mezcla se agitó con movimientos giratorios, evitándose la absorción de oxígeno atmosférico. Después de 10 minutos la mezcla se acidificó con dos ml de ácido sulfúrico diluido. Aforándose a 100 ml con agua recién hervida y enfriada. Se adicionó dos ml de almidón y se tituló con solución de yodo 0.02N hasta que apareció un color azul que persistió por 30 segundos (8),(9). La determinación se realizó en quintuplicado para cada tratamiento empleado tanto de manzana como en piña.

### 7.3.3 Secado de muestras por método de secado solar directo e indirecto:

200 gramos de fruta fresca en rodajas sin tratamiento fueron colocadas en las bandejas, e introducidas al secador. Las muestras se realizaron en triplicado para piña y manzana para un tiempo de secado de tres días (19),(20).

### 7.3.4 Secado de muestras por método de secado solar directo e indirecto previa inmersión en solución de bisulfito de sodio:

Se tomó 800 gramos de cada fruta rodajada y se dividió en cuatro muestras de 200 gramos cada una. Para las dos frutas, las muestras se trabajaron así:

- (a) Una muestra de 200 gramos se sumergió en una solución acuosa de bisulfito de sodio a 0.03 por ciento durante tres minutos.
- (b) Una segunda muestra se sumergió en una solución acuosa de bisulfito de sodio a 0.03 por ciento durante cinco minutos.
- (c) Una tercera muestra se sumergió en una solución acuosa de bisulfito de sodio a 0.05 por ciento durante tres minutos.
- (d) La última muestra se sumergió en una solución de bisulfito de sodio a 0.05 por ciento durante cinco minutos.

Luego de escurrida la fruta fue colocada en las bandejas e introducida al secador directo.

Todo este procedimiento se realizó antes de introducir la fruta en el secador indirecto (19,20,21).

Cada combinación (tratamiento) entre las cuatro aplicaciones de bisulfito se realizó en triplicado para cada fruta. Además se secó fruta sin ser tratada con bisulfito, con los dos métodos de secado, por triplicado.

### 7.3.5 Deshidratación de la manzana y piña

La deshidratación de la manzana y piña, se realizó en la secadora solar

directa e indirecta, hasta tener un contenido de humedad entre el 6 y el 16 por ciento. Al salir la fruta se guardó en bolsas de polietileno que fueron selladas herméticamente.

Se registró las siguientes temperaturas durante el secado:

- Temperatura de entrada y salida de aire de las secadoras.
- Temperatura interna de las mismas.
- Temperatura de bulbo seco y bulbo húmedo ambiental.

### **7.3.6 Determinación del contenido de humedad inicial**

#### **7.3.6.1 Método Gravimétrico:**

Se pesó 5 gramos de fruta fresca, en una cápsula previamente tarada. Los 5 gramos se desecaron a 70 grados centígrados durante cinco horas y luego se pesaron. La desecación se continuó, pesando a intervalos de 1 hora, hasta que la diferencia entre dos pesadas consecutivas correspondieron a menos del 0.25 por ciento (7).

#### **7.3.6.2 Destilación en presencia de tolueno:**

Se colocó en el matraz seco 5 gramos de fruta, pesada con exactitud, se añadió perlas de ebullición. Se agregó 200 ml de tolueno en el matraz, conectándose el aparato de Bidwel-Sterling, y llenándose el tubo colector E (ver en el anexo No. 3 la descripción del aparato) con tolueno vertido desde el extremo superior del refrigerante, se calentó el matraz moderadamente durante 15 minutos, cuando el tolueno empezó a hervir, se destiló a razón de dos gotas por segundo hasta que pasó casi toda el agua, y luego se aumentó la destilación hasta 4 gotas por segundo. Como aparentemente se hubo destilado toda el agua se enjuagó el interior del tubo refrigerante con tolueno frotándolo con un escobillón para tubos unido a un alambre de cobre saturado con tolueno. La destilación se continuó 5 minutos, se suspendió el calentamiento y se dejó enfriar el tubo colector a temperatura ambiente. Cuando el tolueno y el agua se separaron

completamente se leyó el volumen de agua y se calculó el tanto por ciento de agua que se hallaba presente en la muestra (7).

**7.3.7 Determinación del contenido de humedad de la manzana y piña deshidratada:**

El procedimiento se realizó utilizando los incisos 7.3.6.1 y 7.3.6.2.

## **8. RESULTADOS**

Los pesos de las muestras después del proceso de secado por los dos métodos se pueden observar en el cuadro No. 1 para manzana y en el cuadro No. 2 para piña.

CUADRO No. 1  
 PESO (EN GRAMOS) DE MANZANA ANTES Y DESPUES DEL SECADO

METODO INDIRECTO			METODO DIRECTO			
Trata- miento	No. de Repeti- ción	Peso		Repeti- ción	Peso	
		Antes	Después		Antes	Después
b <sub>o</sub>	1	200	32.9	1	200	32.40
	2	200	32.9	2	200	32.42
	3	200	38.7	3	200	32.40
	4	200	38.7	4	200	32.50
	5	200	38.2	5	200	34.50
b <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	1	200	31.9	1	200	30.50
	2	200	31.9	2	200	30.50
	3	200	29.7	3	200	31.70
	4	200	29.5	4	200	30.70
	5	200	33.7	5	200	31.70
b <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1	200	37.24	1	200	27.93
	2	200	34.79	2	200	29.64
	3	200	28.24	3	200	29.64
	4	200	29.00	4	200	29.34
	5	200	34.79	5	200	29.33
b <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	1	200	32.65	1	200	29.34
	2	200	32.65	2	200	29.36
	3	200	29.54	3	200	28.91
	4	200	27.99	4	200	28.90
	5	200	27.98	5	200	26.87
b <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	1	200	24.29	1	200	28.94
	2	200	27.99	2	200	28.94
	3	200	27.98	3	200	24.24
	4	200	24.29	4	200	24.50
	5	200	29.54	5	200	29.44

b<sub>o</sub> = Sin bisulfito  
 b<sub>1</sub> = 0.03% bisulfito de sodio  
 b<sub>2</sub> = 0.05% bisulfito de sodio

T1 = 3 minutos  
 T2 = 5 minutos



CUADRO No. 2  
PESO (EN GRAMOS) DE PIÑA ANTES Y DESPUES DEL SECADO

METODO INDIRECTO				METODO DIRECTO		
Trata- miento	No. de Repeti- ción	PESO		No. de Repeti- ción	PESO	
		Antes	Después		Antes	Después
b <sub>0</sub>	1	200	29.97	1	200	36.23
	2	200	29.96	2	200	36.23
	3	200	35.35	3	200	27.38
	4	200	35.36	4	200	27.38
	5	200	35.40	5	200	31.67
b <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	1	200	34.48	1	200	28.22
	2	200	34.50	2	200	28.91
	3	200	27.20	3	200	27.77
	4	200	27.35	4	200	27.75
	5	200	28.17	5	200	29.49
b <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1	200	27.90	1	200	25.92
	2	200	28.00	2	200	25.87
	3	200	24.61	3	200	26.20
	4	200	25.70	4	200	26.20
	5	200	26.62	5	200	25.30
b <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	1	200	20.81	1	200	28.98
	2	200	19.40	2	200	28.97
	3	200	19.48	3	200	24.60
	4	200	20.10	4	200	24.58
	5	200	21.32	5	200	27.52
b <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	1	200	25.46	1	200	24.73
	2	200	24.85	2	200	25.10
	3	200	26.16	3	200	27.20
	4	200	26.50	4	200	27.21
	5	200	27.91	5	200	26.15

b<sub>0</sub> = Sin bisulfito (concentración = 0)  
 b<sub>1</sub> = 0.03% bisulfito de sodio  
 b<sub>2</sub> = 0.05% bisulfito de sodio

T1 = 3 minutos  
 T2 = 5 minutos

La concentración de vitamina "C", y el contenido de humedad obtenidos con los diferentes tratamientos se pueden observar en el cuadro No. 3 para la manzana y el cuadro No. 4 para piña.

**CUADRO No. 3**  
**CONCENTRACIONES DE VITAMINA "C" (EN MILIGRAMOS/100 GRAMOS DE FRUTA SECA)**  
**Y HUMEDADES (% DE HUMEDAD BASE HUMEDA) OBTENIDOS EN MANZANA PARA LOS**  
**DIFERENTES TRATAMIENTOS**

METODO INDIRECTO				METODO DIRECTO		
Trata- miento	No. de repeti- cion	Concentra- ción vita- mina "C"	Humedad %	No. de repeti- ción	Concentra- ción vita- mina "C"	Humedad %
b <sub>0</sub>	1	17.92	16	1	10.80	14
	2	8.95	16	2	7.18	14
	3	14.65	16	3	10.80	14
	4	18.31	16	4	10.21	14
	5	16.40	16	5	14.37	13
b <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	1	16.28	15	1	20.43	12
	2	32.49	15	2	13.77	12
	3	20.99	14	3	17.02	12
	4	29.37	14	4	20.20	12
	5	22.08	14	5	15.32	12
b <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1	29.77	16	1	17.02	11
	2	25.20	16	2	14.08	11
	3	31.90	15	3	14.04	13
	4	39.00	15	4	17.33	14
	5	32.33	16	5	15.64	14
b <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	1	43.86	16	1	27.71	14
	2	28.67	15	2	17.31	14
	3	21.63	14	3	14.17	12
	4	15.59	12	4	15.93	12
	5	20.56	12	5	15.79	11
b <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	1	51.80	12	1	14.17	12
	2	23.57	12	2	21.26	12
	3	27.48	13	3	18.99	11
	4	29.46	12	4	34.75	11
	5	40.41	14	5	20.82	14

CUADRO No. 4  
 CONCENTRACIONES DE VITAMINA "C" (EN MILIGRAMOS/100 GRAMOS DE FRUTA SECA)  
 Y HUMEDADES (% DE HUMEDAD BASE HUMEDA) OBTENIDAS EN PIÑA PARA LOS  
 DIFERENTES TRATAMIENTOS

METODO INDIRECTO				METODO DIRECTO		
Trata- miento	No. de repeti- ción	Concentra- ción vita- mina "C"	Humedad %	No. de repeti- ción	Concentra- ción vitami- na "C"	Humedad %
b <sub>0</sub>	1	63.49	11	1	53.48	16
	2	51.76	11	2	50.29	15
	3	57.61	16	3	43.78	8
	4	55.31	16	4	60.41	8
	5	56.94	16	5	65.45	12
b <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	1	46.33	16	1	43.23	9
	2	41.56	16	2	39.80	9
	3	42.18	11	3	48.07	8
	4	44.05	11	4	41.99	8
	5	46.97	10	5	40.93	11
b <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	1	51.85	9	1	57.27	6
	2	38.99	9	2	51.76	6
	3	47.53	6	3	37.37	6
	4	52.13	6	4	37.56	7
	5	58.37	6	5	38.99	6
b <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	1	82.88	10	1	39.71	9
	2	83.44	10	2	39.41	9
	3	68.54	8	3	36.15	6
	4	86.57	8	4	39.24	6
	5	106.90	12	5	38.41	6
b <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	1	62.11	6	1	49.56	6
	2	52.44	6	2	49.43	7
	3	61.61	6	3	48.29	11
	4	65.41	6	4	41.83	11
	5	55.39	8	5	41.64	6

El cuadro No. 5 presenta el contenido de humedad que se encuentra regularmente en la manzana y la piña fresca.

CUADRO No. 5  
CONTENIDO DE HUMEDAD EN MANZANA Y PIÑA FRESCA

Fruta	ml de agua/5 g.f.f.	% Humedad
Manzana	4.25	85
Piña	4.30	86
g.f.f. = gramos de fruta fresca.		

Las temperaturas alcanzadas en el ensayo con los dos métodos de secado se encuentran en el cuadro No. 6.

CUADRO No. 6  
TEMPERATURAS ALCANZADAS DURANTE EL PERIODO DE SECADO EN LOS SISTEMAS DE DESHIDRATACION. LA TEMPERATURA ESTA DADA EN GRADOS CENTIGRADOS

METODO INDIRECTO				METODO DIRECTO		
DIA	MAX	MIN	PROMEDIO	MAX	MIN	PROMEDIO
1	45	20	35.16	55	17	37.33
2	49	18	31.71	56	16.5	31.79
3	42	17.5	30.79	48.5	18	34.33
4	44.5	17	29.71	50	17.5	32.58
5	47	17	32.17	48	18	32.08
6	45	16	30.57	43	16	28.36
7	45	18	33.70	53	18	36.00
8	44	18	34.50	52	17	35.42
9	37	15	27.43	36	14	25.71
10	37.5	15	27.93	36	15	26.00
11	46	15	30.71	50	14	29.57
12	44	19.5	32.92	40	15	30.41
13	45	14.8	29.83	43	13.8	27.54

Máx = Máxima  
Min = Mínima

La temperatura promedio se calculó así:

$$\frac{\text{Máx} + \text{Min}}{2}$$

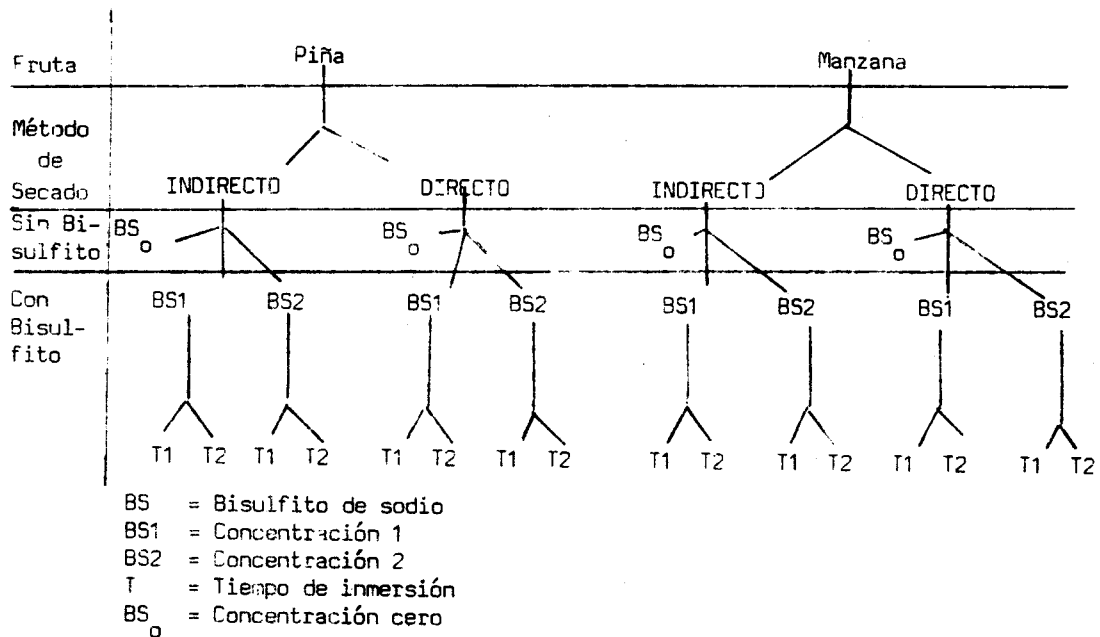
### 8.1 DISEÑO ESTADISTICO

El experimento empleado fue el Factorial, donde los factores de interés fueron:

- Método de secado
- Aplicación de bisulfito
  - dos concentraciones 0.3 y 0.5 mg/ml
  - dos tiempos de exposición 3 y 5 minutos.

Cada una de las posibles combinaciones de los niveles de los factores mencionados tuvo cinco repeticiones.

Diagrama del experimento:



O sea que se tuvo un diseño factorial incompleto respecto a tiempo de aplicación para la concentración cero de bisulfito (no aplicación del mismo). El experimento tuvo  $3 \times 2 \times 2 = 12$  posibles combinaciones.

El diseño experimental fue completamente al azar.

El análisis estadístico para cada fruta se llevó a cabo a través de un Análisis De Varianza (ADV) con  $\alpha = 0.05$ , en base a la siguiente tabla:

Tabla ADV

FUENTE DE VARIABILIDAD	GRADOS DE LIBERTAD
METODO	1
BISULFITO	1
TIEMPO	1
CONCENTRACION	1
METODO Vrs BISULFITO	1
METODO Vrs TIEMPO	1
METODO Vrs CONCENTRACION	1
CONCENTRACION Vrs TIEMPO	1
METODO Vrs CONCENTRACION Vrs TIEMPO	1
ERROR	40

## 9. DISCUSION

El análisis de las interacciones entre las dos frutas y los diferentes factores evaluados se puede observar en el cuadro No. 7 y gráficas No. 1,2,3 y 4. En estos se puede observar que el método de secado no interactúa con el tipo de fruta ( $p=0.110$ ) y que el método de deshidratación solar indirecto para ambas frutas permite la conservación de mayor cantidad de vitamina "C" que el método directo. Este último aspecto es discutido en detalle más adelante.

CUADRO No. 7

RESUMEN DEL ADV PARA LAS INTERACCIONES ANALIZADAS CON LA FRUTA EN GENERAL.  
LA NO APLICACION DE BISULFITO PRODUCE UN ANTAGONISMO CON LA MANZANA

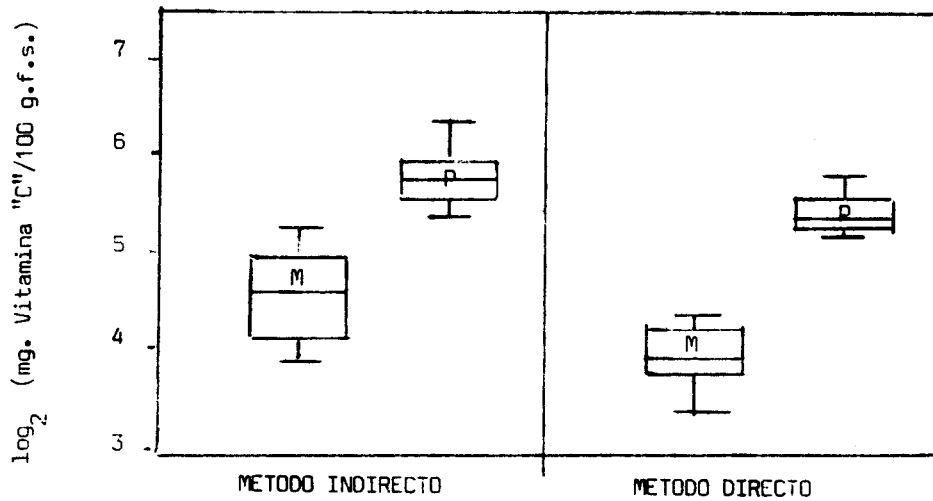
FUENTE DE VARIABILIDAD	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADO MEDIO	RAZON F	P
Método Vrs fruta	0.112	1	0.112	2.614	0.110
Fruta Vrs Bisulfito	1.185	1	1.185	27.566	0.001
Fruta Vrs Tiempo	0.093	1	0.093	2.160	0.146
Fruta Vrs Concentración	0.009	1	0.009	0.220	0.640
ERROR					

El análisis estadístico se llevó a cabo usando  $\log_{10}$  (concentración de vitamina "C").

GRAFICA No. 1\*

RETENCION DE VITAMINA "C" POR TIPO DE FRUTA  
Vrs METODO DE SECADO

El método de secado no presentó interacción respecto al tipo de fruta ( $p=0.110$ )



M = Manzana

P = Piña

g.f.s. = gramos de fruta seca.

\* Para una mejor interpretación de esta gráfica, se puede referir al anexo No. 4: Gráfica Caja de Tukey.

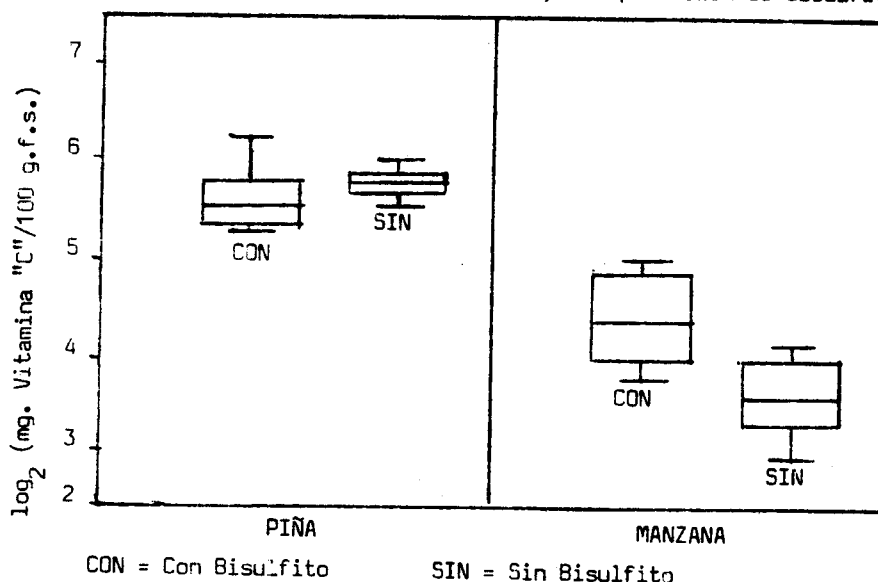


Asimismo en el cuadro No. 7 y la gráfica No. 2 demuestran que existe un sinergismo significativo en la manzana en la retención de vitamina "C", al aplicarle bisulfito de sodio, la piña en cambio mostró un antagonismo con la aplicación de bisulfito de sodio ( $p=0.001$ ).

GRAFICA No. 2

RETENCIÓN DE VITAMINA "C" POR TIPO DE FRUTA  
Vrs APLICACION DE BISULFITO

Se presentó interacción entre el tipo de fruta y la aplicación de bisulfito ( $p=0.001$ )

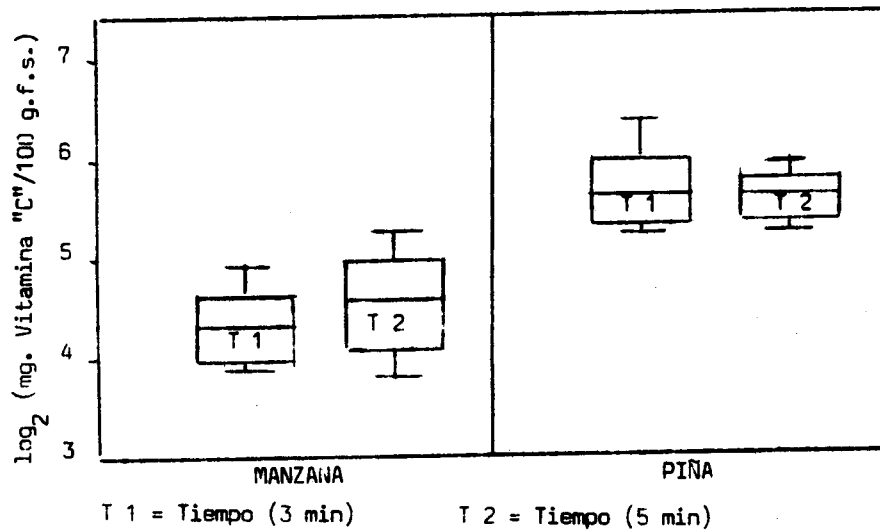


Debido al sinergismo presentado por la presencia de bisulfito en la manzana y el antagonismo que presentó con la piña, se consideró importante buscar interacciones entre fruta Vrs tiempo de bisulfito y fruta Vrs concentración de bisulfito en las repeticiones tratadas con bisulfito. Las gráficas No. 3 y No. 4 demuestran que no existe sinergismo o antagonismo significativos entre la fruta Vrs tiempo ( $p=0.146$ ) y la fruta Vrs concentración ( $p=0.640$ ).

GRAFICA No. 3

RETENCION DE VITAMINA "C" POR TIPO DE FRUTA  
Vrs TIEMPO DE APLICACION DEL BISULFITO

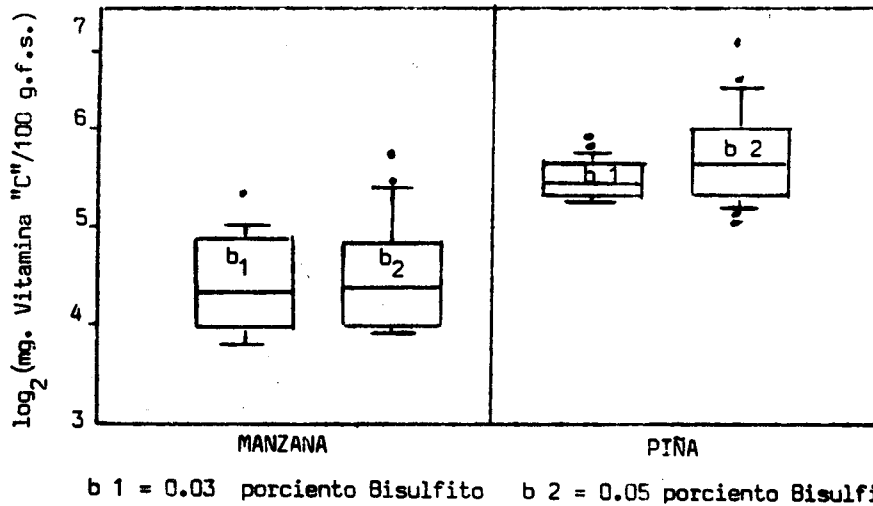
No se presentó interacción significativa entre el tipo de fruta y tiempo de aplicación de bisulfito ( $p = 0.146$ ). En esta se excluye la fruta no tratada con bisulfito



GRAFICA No. 4

RETENCION DE VITAMINA "C" POR TIPO DE FRUTA  
Vrs CONCENTRACION DE BISULFITO

En esta se excluye la concentración cero. No se encontró interacción significativa entre el tipo de fruta y la concentración de bisulfito aplicada. ( $p = 0.640$ )



Analizando el contenido de vitamina "C" obtenido en cada una de las frutas con los diversos tratamientos, nos damos cuenta que en el caso de la manzana no existe antagonismo ni sinergismo significativo entre el método de secado y la aplicación de bisulfito como se puede ver en la gráfica No. 5 ( $p = 0.602$ ) y en el cuadro No. 8 donde se encuentra un resumen del ADV.

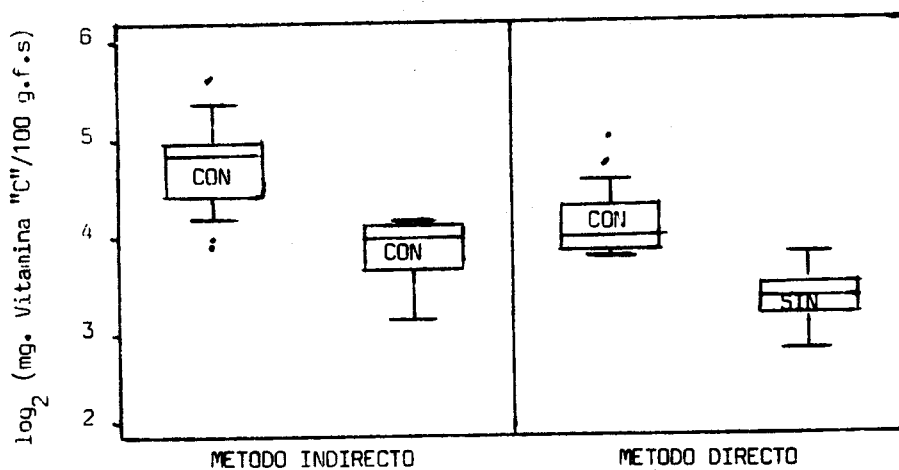
**CUADRO No. 8**  
**RESUMEN DEL ADV PARA LOS DIFERENTES FACTORES ANALIZADOS CON LA MANZANA.**  
**EL ANALISIS ESTADISTICO SE LLEVO A CABO UTILIZANDO  $\text{LOG}_{10}$**   
**(CONCENTRACION DE VITAMINA "C")**

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Razón F	P
Método	0.306	1	0.306	4.273	0.045
Bisulfito	1.133	1	1.133	15.849	0.001
Tiempo	0.008	1	0.008	0.111	0.740
Concentración	0.137	1	0.137	1.915	0.174
Método Bisulfito	0.020	1	0.020	0.276	0.602
Método tiempo	0.162	1	0.162	2.269	0.140
Método Concentración	0.034	1	0.034	0.481	0.492
Concentración tiempo	0.094	1	0.094	1.312	0.259
Método Concentración Tiempo	0.041	1	0.041	0.578	0.452
Error	2.86	40	0.072		

GRAFICA No. 5

RETENCION DE VITAMINA "C" POR METODO DE SECADO  
Vrs APLICACION DE BISULFITO, EN MANZANA

En manzana el aplicar o no bisulfito no interactúa con el  
método de secado ( $p = 0.602$ )



CON = Con Bisulfito  
SIN = Sin Bisulfito

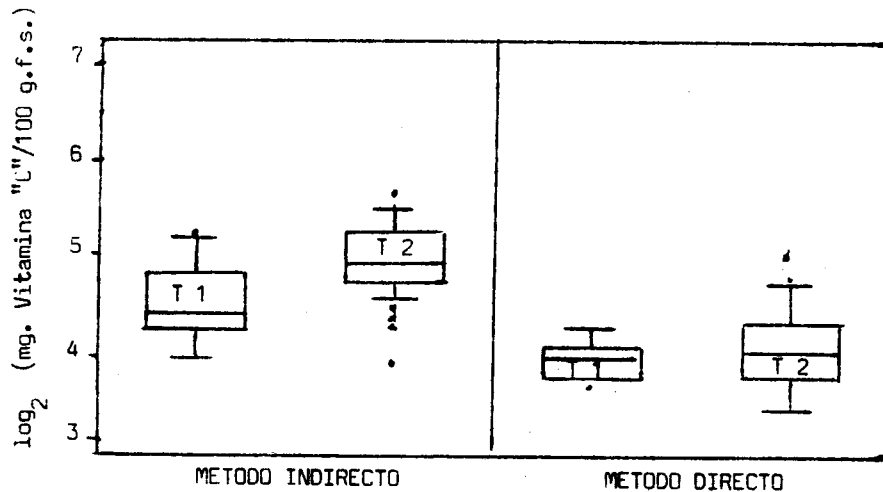
Para una mejor interpretación de esta gráfica se puede referir  
al anexo No. 2: Gráfica Caja de Tukey

Se encontró que con la manzana no existe antagonismos ni sinergismos significativos entre la concentración de bisulfito Vrs método de secado ( $p = 0.140$ ), y el tiempo de inmersión Vrs método de secado ( $p = 0.492$ ), tal como se observa en las gráficas No.6,7 y el cuadro No. 8.

GRAFICA No. 6

RETENCION DE VITAMINA "C" POR METODO DE SECADO  
Vrs TIEMPO DE APLICACION DE BISULFITO EN MANZANA

Unicamente se tomó en cuenta las muestras aplicadas con bisulfito y no se encontró interacción significativa entre el método de secado y el tiempo de aplicación de bisulfito ( $p=0.140$ )

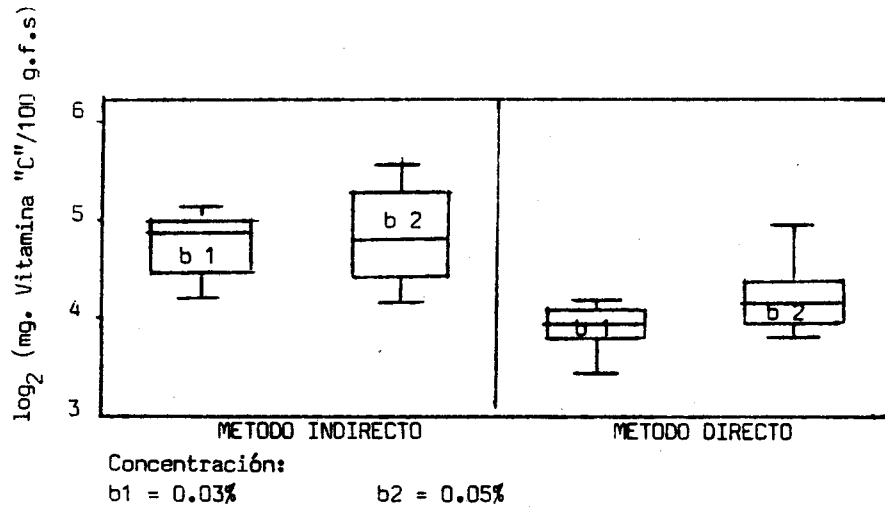


Tiempo:  
T 1 = 3 minutos  
T 2 = 5 minutos

GRAFICA No. 7

RETENCION DE VITAMINA "C" POR CONCENTRACION DE  
BISULFITO APLICADO Vrs METODO DE SECADO EN MANZANA

Unicamente se tomó en cuenta las muestras aplicadas con bisulfito  
y no se encontró interacción significativa entre el método Vrs la  
concentración de bisulfito. ( $p = 0.492$ )

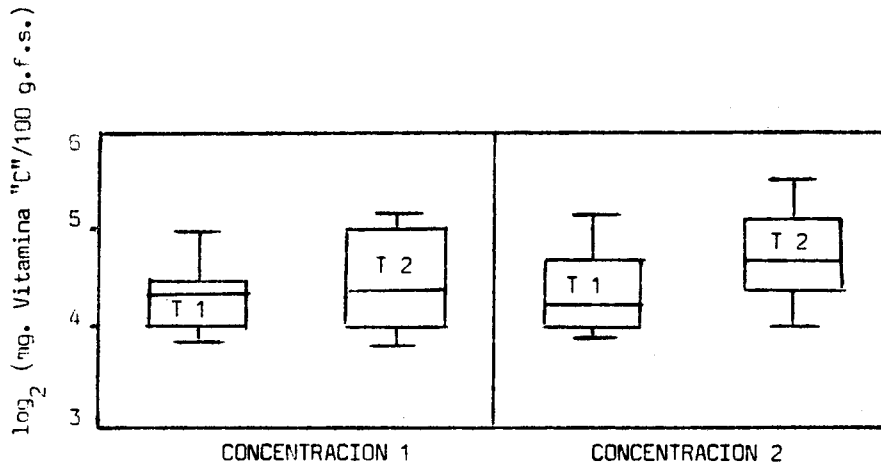


También se demostró que con la manzana no existe sinergismo ni antagonismo entre la concentración de bisulfito aplicado y el tiempo de aplicación ( $p=0.259$ ) según indica en el cuadro No. 8 y gráfica No. 8.

GRAFICA No. 8

RETENCION DE VITAMINA "C" POR CONCENTRACION DE BISULFITO APLICADO  
Vrs TIEMPO DE APLICACION EN MANZANA

Unicamente se tomó en cuenta las muestras aplicadas con bisulfito y no se encontró interacción significativa entre estos factores ( $p=0.259$ )



Concentración:  
b1 = 0.03 Por ciento  
b2 = 0.05 Por ciento

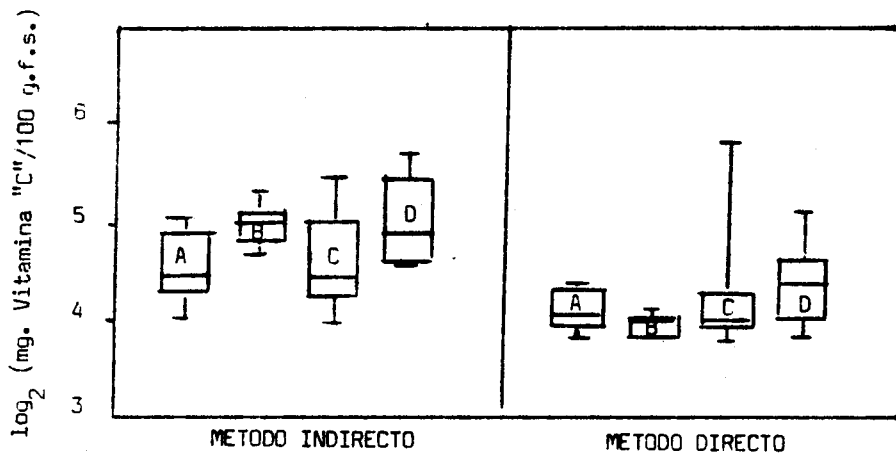
Tiempos:  
T 1 = 3 minutos  
T 2 = 5 minutos

Se encontró que no existe interacción significativa entre el método de secado, concentración de bisulfito y tiempo de aplicación del bisulfito en la manzana tal como se observa en la gráfica No. 9 y el cuadro No. 8.

GRAFICA No. 9

RETENCION DE VITAMINA "C" POR METODO DE SECADO Vrs CONCENTRACION DE BISULFITO APLICADO POR TIEMPO DE APLICACION EN MANZANA

Nos indica que no existe interacción significativa entre el método de secado, concentración de bisulfito y tiempo de aplicación del bisulfito. ( $p = 0.452$ )



Combinación concentración y tiempo

- A : b1T1
- B : b1T2
- C : b2T1
- D : b2T2

donde: b1 = 0.03%  
b2 = 0.05%  
T1 = 3 minutos  
T2 = 5 minutos

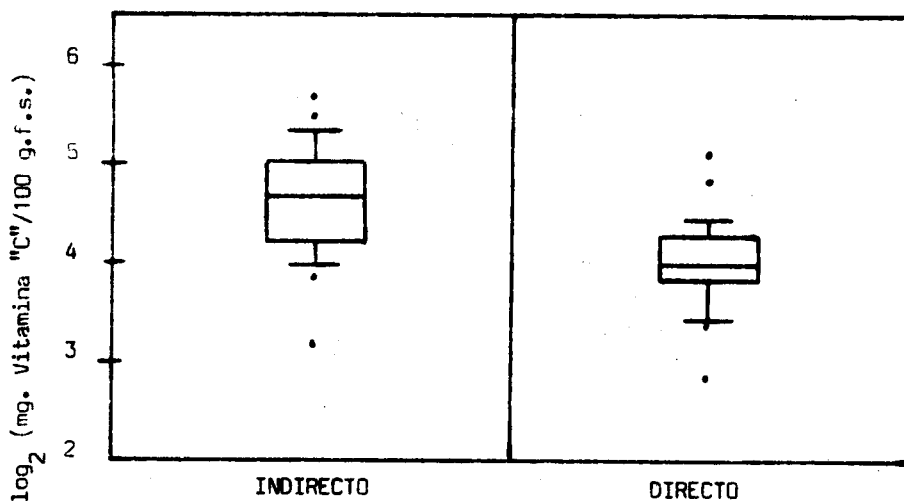


Debido a que no existen sinergismos ni antagonismos entre los diferentes factores evaluados para manzana, se puede conocer el efecto de cada uno de estos por separado. En la gráfica No. 10 y el cuadro No. 8 se puede observar que el método de secado indirecto rindió mayor cantidad de vitamina "C" respecto al método directo ( $p=0.045$ ). La variabilidad presentada por ambos métodos fue semejante ( $p>0.05$ ) siendo el coeficiente de variabilidad para el primero de 12.20 por ciento y para el segundo de 11.35 por ciento.

GRAFICA No. 10

RETENCION DE VITAMINA "C" CON LOS DIFERENTES METODOS DE DESHIDRATACION, EN MANZANA

El método indirecto presentó una mayor retención de vitamina "C"  
La variabilidad presentada por ambos métodos fue semejante ( $p>0.05$ )



La diferencia relativa<sup>1</sup> entre ambos métodos de deshidratación solar en la retención de vitamina "C" es de 54 por ciento superior para el indirecto respecto al directo. En otras palabras el método de deshidratación solar indirecto presenta una relación de 1.54 veces la retención de vitamina "C" respecto a la retención obtenida por el método de deshidratación solar directo, esto puede observarse en la gráfica No. 11.

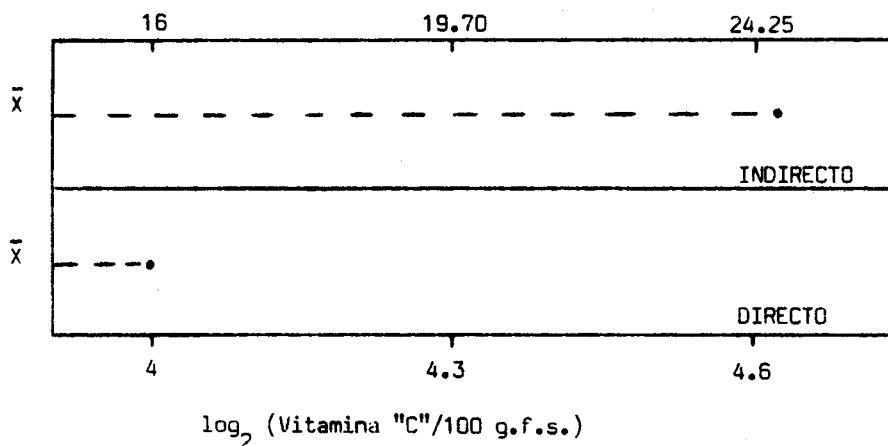
1.

$$\text{Diferencia Relativa} = \frac{\text{Mayor concentración} - \text{menor concentración}}{\text{Menor concentración}} \times 100$$

GRAFICA No. 11

CONCENTRACION PROMEDIO DE VITAMINA "C"/100 g.f.s. OBTENIDA  
A TRAVES DE DOS METODOS DE SECADO

El método indirecto es un 54% superior al directo en la  
retención de vitamina "C"  
Vitamina "C"/100 g.f.s.



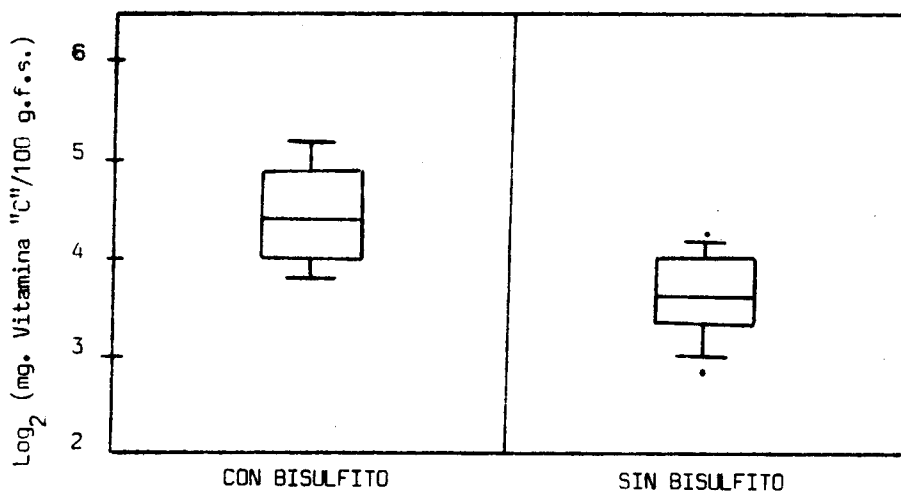
Tal como se demostró en el análisis general de la fruta, la aplicación de un tratamiento previo, con bisulfito a la manzana presenta un sinergismo en la concentración de vitamina "C". Estos resultados se pueden observar en la gráfica No. 12 y el cuadro No. 8 donde se observa que el contenido de vitamina "C" retenido después de la deshidratación es mayor cuando se aplica bisulfito que cuando no se aplica ( $p = 0.001$ ). La variabilidad presentada por la manzana al ser tratada con bisulfito no es diferente significativamente ( $p > 0.05$ ) a la presentada por la manzana sin tratamiento. El coeficiente de variabilidad para el primero es 11.37% y para el segundo es de 11.88%.

GRAFICA No. 12

RETENCION DE VITAMINA "C" AL APLICARLE BISULFITO

La aplicación de bisulfito de sodio redundó en una mayor retención de vitamina "C" ( $p = 0.0001$ ) en la manzana.

La variabilidad presentada en el grupo tratado fue semejante al del grupo no tratado ( $p > 0.05$ )

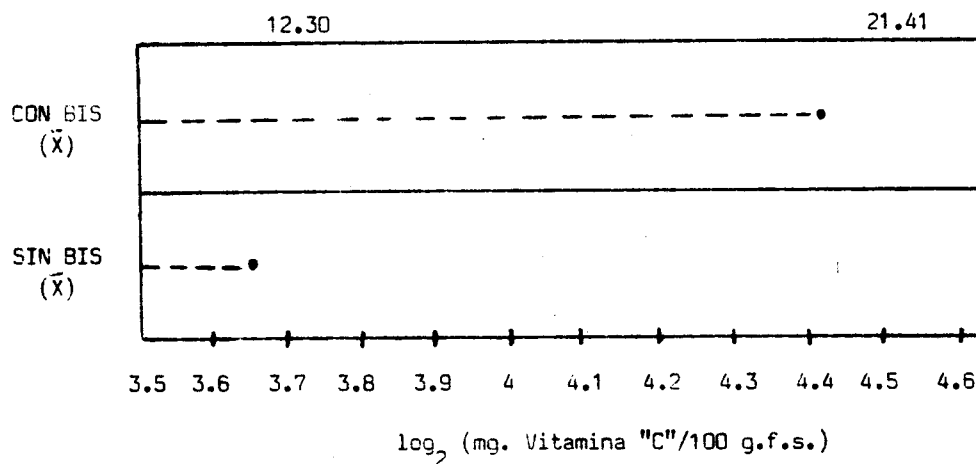


La diferencia relativa al aplicar bisulfito es de 74 por ciento superior respecto a la no aplicación. La relación al aplicar bisulfito es 1.74 veces la retención de vitamina "C" respecto a la retención obtenida al no aplicar bisulfito. La gráfica No. 13 demuestra lo antes referido.

GRAFICA No. 13

CONCENTRACION PROMEDIO DE VITAMINA "C"/100 g.f.s. OBTENIDA A TRAVES DE LA APLICACION DE BISULFITO, EN MANZANA

La aplicación de bisulfito hace que la vitamina "C" se retenga en un 74% más en la manzana que cuando este no se aplica mg. (vitamina "C"/100 g.f.s.)

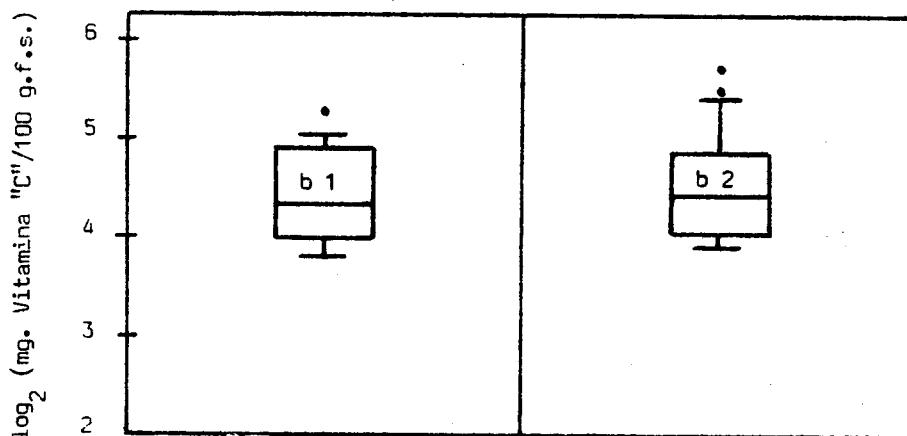


Debido a los resultados obtenidos mediante la aplicación de bisulfito, se buscó cuál era la mejor concentración y el tiempo de inmersión más eficiente para retener la vitamina "C". La gráfica No. 14, y el cuadro No. 8 demuestran que los resultados para las dos concentraciones de bisulfito, 0.03% y 0.05%, en la retención de vitamina "C" es semejante ( $p = 0.174$ ). Siendo el promedio de concentración de vitamina "C" de 0.03 por ciento de 4.4 y el coeficiente de variabilidad fue de 10.59%, el promedio para la dosis de 0.05% fue de 4.55 y su coeficiente de variabilidad presentada por las dos concentraciones fue semejante ( $p > 0.05$ ).

GRAFICA No. 14

RETENCIÓN DE VITAMINA "C" AL APLICARLE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE BISULFITO EN MANZANA

Las dos concentraciones evaluadas no presentaron diferencias significativas ( $p=0.174$ ) en la retención de vitamina "C". Ni en la variabilidad de la misma ( $\alpha 0.05$ )



Concentración:  
b1 = 0.03%  
b2 = 0.05%

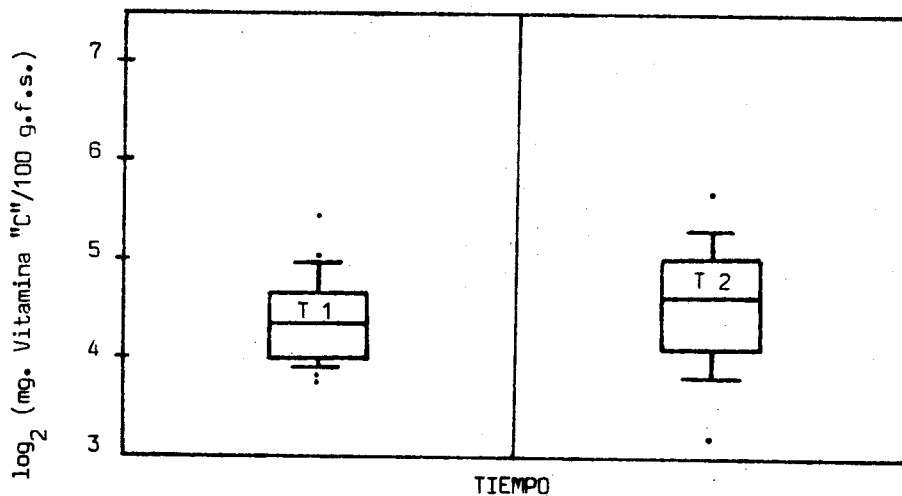
El efecto de la concentración de bisulfito en la retención de Vitamina "C" en la manzana se puede evidenciar en la gráfica No. 15 y cuadro No. 8, donde claramente se nota que las dos concentraciones probadas no presentan diferencia significativa en la retención de vitamina "C" ( $p = 0.174$ ). Siendo la media para la concentración 0.03% de 4.40 y la concentración 0.05% de 4.55.

La variabilidad obtenida con ambas concentraciones no fue significativamente diferente ( $p > 0.05$ ), siendo el coeficiente de variabilidad presentado por la concentración de 0.03% de bisulfito de 10.59% y el que presentó la concentración de 0.05% de bisulfito de sodio de 11.82%.

GRAFICA No. 15

RETENCION DE VITAMINA "C" EN MANZANA AL APLICARLE BISULFITO DURANTE DIFERENTES TIEMPOS DE INMERSION

El tiempo de inmersión no resultó ser un factor importante en la retención de vitamina "C" ( $p=0.174$ ). La variabilidad presentada por los dos tiempos fue semejante ( $p > 0.05$ )



TIEMPO 1 : 3 min.  
TIEMPO 2 : 5 min.

T1 = 3 minutos  
T2 = 5 minutos

Al analizar la gráfica No. 9 y observar el método indirecto, las cuatro posibles combinaciones de tiempo y concentración parecieron tener medias y varianzas diferentes, debido a esto se procedió a evaluar si alguna de estas combinaciones era significativamente diferente a través de las pruebas de Tukey para las medias, y la prueba de Hartley para la igualdad de varianzas, resultando que las cuatro combinaciones no son diferentes significativamente. ( $p > 0.05$ ).

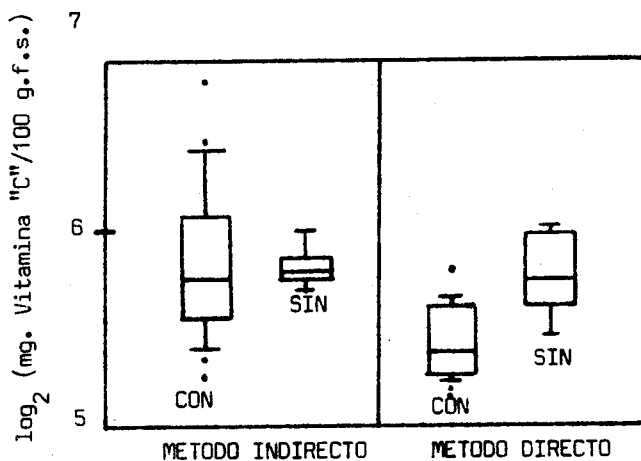
Respecto a la piña se pudo observar anteriormente que existe un antagonismo con el método de secado al aplicarse un tratamiento previo con bisulfito de sodio a la piña en la retención de vitamina "C". Estos resultados se pueden observar en la gráfica No. 16 y cuadro No. 9.

CUADRO No. 9  
RESUMEN DEL ADV PARA LOS DIFERENTES FACTORES ANALIZADOS CON LA PIÑA.  
EL ANALISIS ESTADISTICO SE LLEVO A CABO USANDO LOG<sub>10</sub>  
CONCENTRACION VITAMINA "C")

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado de medio	Razón F	P
Método	0.006	1	0.006	0.424	0.519
Bisulfito	0.226	1	0.226	15.650	0.006
Concentración	0.051	1	0.051	3.565	0.066
Tiempo	0.004	1	0.004	0.256	0.616
Método Bisulfito	0.123	1	0.123	8.549	0.006
Método Tiempo	0.127	1	0.127	8.829	0.005
Método Concentración	0.494	1	0.494	34.215	0.001
Concentración Tiempo	0.028	1	0.028	1.949	0.170
Método Tiempo Concentración	0.240	1	0.240	16.657	0.001
Error	0.577	40	0.014		

GRAFICA No. 16  
RETENCION DE VITAMINA "C" EN PIÑA POR METODO DE SECAJO  
Vrs APLICACION DE BISULFITO

La interacción entre el método de secado y la aplicación de bisulfito resultó significativa (p = 0.006)



CON : Con Bisulfito  
SIN : Sin Bisulfito

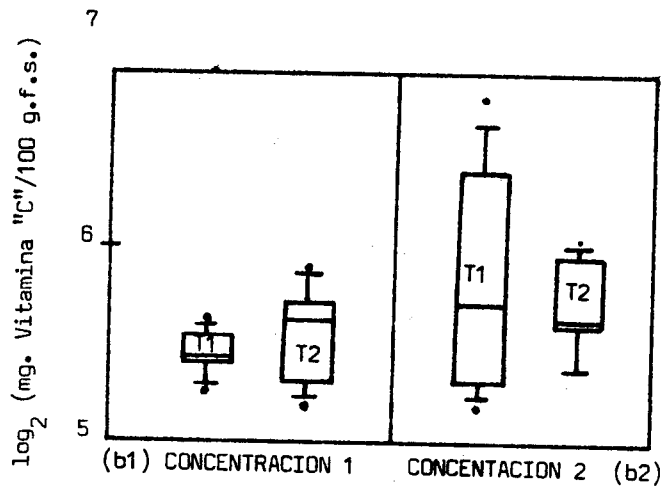


Debido a esta interacción entre el método de secado y la aplicación de bisulfito, no se pudo analizar el efecto principal de los factores. Se analizó entonces, qué sucedió con la vitamina "C" cuando se aplicó bisulfito. Aquí fue importante conocer si la combinación de los diferentes tiempos con las diferentes concentraciones presentaban algún tiempo de interacción. La gráfica No. 17 nos indica que no existió antagonismo ni sinergismo significativo entre el tiempo de aplicación y la concentración de bisulfito ( $p = 0.170$ ).

GRAFICA No. 17

RETENCION DE VITAMINA "C" EN PIÑA POR CONCENTRACION DE BISULFITO

No se encontró interacción significativa entre concentración de bisulfito y el tiempo de aplicación ( $p = 0.170$ )



Concentración 1 = 0.03% Bisulfito.

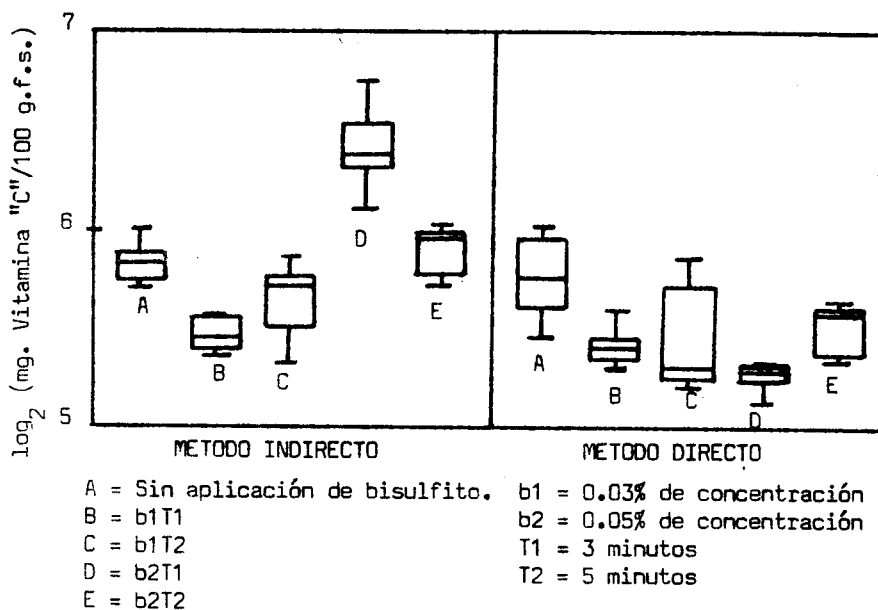
Concentración 2 = 0.05% Bisulfito.

Al analizar los mismos datos respecto al método de secado, en la piña se puede notar que el método de secado Vrs concentración de bisulfito y tiempo de exposición, presentó interacción significativa ( $p=0.001$ ). Nuevamente puede observarse que el factor interactuante es el método de secado, tal como se demostrara anteriormente y como se puede apreciar en la gráfica No. 18 y cuadro No. 9.

GRAFICA No. 18

RETENCION DE VITAMINA "C" EN PIÑA POR METODO DE SECADO-CONCENTRACION DE BISULFITO-TIEMPO DE EXPOSICION

El método de secado interactúa significativamente ( $p=0.001$ ) con el tiempo de aplicación y las diferentes concentraciones de bisulfito



Con esta última gráfica y las gráficas No. 16 y 17 además del cuadro No. 9, es posible observar que cualquier relación que exista entre el método de secado y la presencia de bisulfito va a presentar una interacción en la retención de vitamina "C" en piña, por lo que no se consideró necesario seguir analizando las otras combinaciones debido a las interacciones presentadas por el método de secado y la presencia de bisulfito. Se analizó cuál era la combinación que presenta una mayor retención de vitamina "C", utilizando la prueba de Tukey. Al aplicar esta prueba (Cuadro No. 10), se demostró que el tratamiento más eficiente es la combinación siguiente: concentración 2 ( $b_2=0.05\%$ ), tiempo (3 minutos de inmersión) con el de deshidratación solar indirecto identificado como DI. Esto puede visualizarse fácilmente en la gráfica No. 18. En esta misma gráfica se puede observar que en general el método indirecto retiene más vitamina "C" que el método directo aunque no se pudo comprobar si su eficiencia fue significativamente superior, debido a la interacción presentada con la presencia de bisulfito.

CUADRO No. 10

IGUALDAD DE MEDIAS ENTRE EL  $\text{LOG}_2$  (CONCENTRACION) DE VITAMINA "C" RETENIDA  
A TRAVES DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS APLICADOS A LA PIÑA

Letras iguales significa que las medias son semejantes de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ). El tratamiento DI posee la más alta producción de vitamina "C", ninguno de los otros se le comparó a este.

Método	DD	BD	CD	BI	CI	ED	AD	AI	EI	DI
Media	5.27	5.42	5.45	5.55	5.62	5.66	5.76	5.83	5.89	6.41
	a	a	a	a	a	a				
		b	b	b	b	b	b			
					c	c	c	c		
					d	d	d	d	d	e

I = Método Indirecto

D = Método Directo

A = Sin aplicación de bisulfito

B = b1T1

C = b1T2

D = b2T1

E = b2T2

b1 = 0.03%

b2 = 0.05%

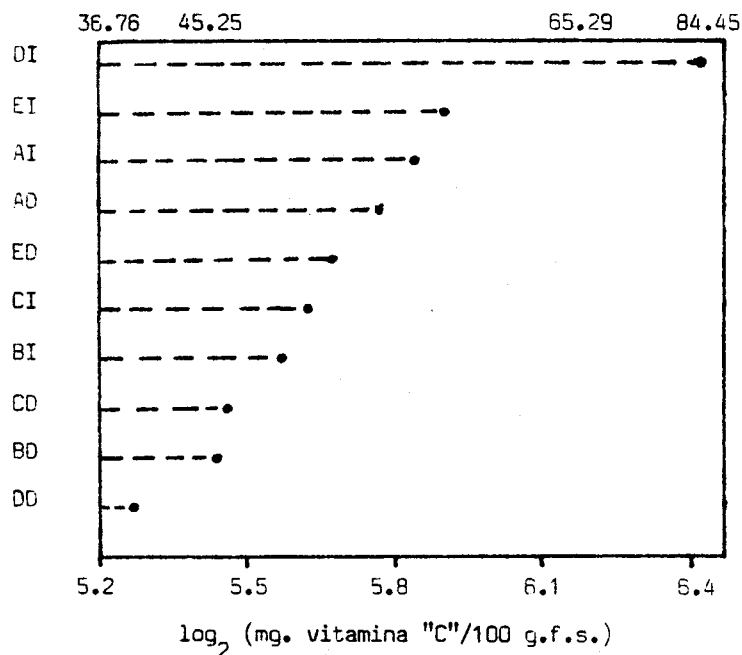
T1 = 3 minutos

T2 = 5 minutos

Nótese que el tratamiento a 0.05% de bisulfito con 5 minutos de inmersión (EI) es el que más se aproxima, y la diferencia relativa<sup>1</sup> entre ambos tratamientos es de 43 por ciento superior para la concentración de 0.05% de bisulfito de sodio con 3 minutos de inmersión (DI) respecto al EI. En otras palabras el tratamiento DI presenta una relación de 1.43 veces la producción de vitamina "C" respecto a la retención obtenida por el tratamiento EI. Esto puede observarse en la gráfica No. 19.

GRAFICA No. 19

CONCENTRACION DE VITAMINA "C" POR TRATAMIENTO  
 EL TRATAMIENTO DI PRESENTO UNA EFICIENCIA DEL 43% SUPERIOR AL TRATAMIENTO QUE LE SIGUE EI.  
 (p < 0.05 de acuerdo a Tukey)  
 mg. de vitamina "C"/100 g.f.s.



I = Método Indirecto                      b1 = 0.03%  
 D = Método Directo                        b2 = 0.05%  
 A = Sin aplicación de bisulfito        T1 = 3 minutos  
 B = b1T1                                        T2 = 5 minutos  
 C = b1T2  
 D = b2T1  
 E = b2T2

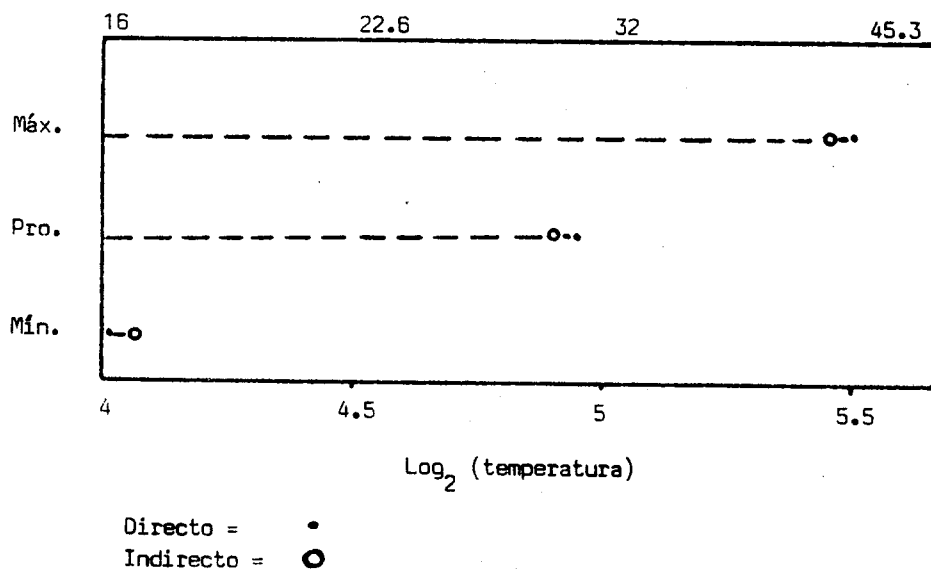
Se analizaron las temperaturas registradas en los métodos de secado y se determinó que son mayores comparadas con las del medio ambiente, así tenemos también que la temperatura promedio, máxima y mínima en ambos secadores solares no es estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) de acuerdo a la prueba de T de Student. Esto se puede apreciar en la gráfica No. 20 siendo la temperatura uno de los principales factores en que se basa el secado solar. La diferencia de la misma que presentó el método directo y el indirecto fue importante en la retención de vitamina "C". Aunque esta diferencia no haya sido estadísticamente significativa.

GRAFICA No. 20

MEDIAS DE LAS TEMPERATURAS REGISTRADAS POR LOS METODOS DIRECTO E INDIRECTO

Las temperaturas máxima, mínima y promedio del secador indirecto comparadas con las registradas en el secador directo no son estadísticamente significativas ( $\alpha > 0.05$ )

Temperatura en grados centígrados



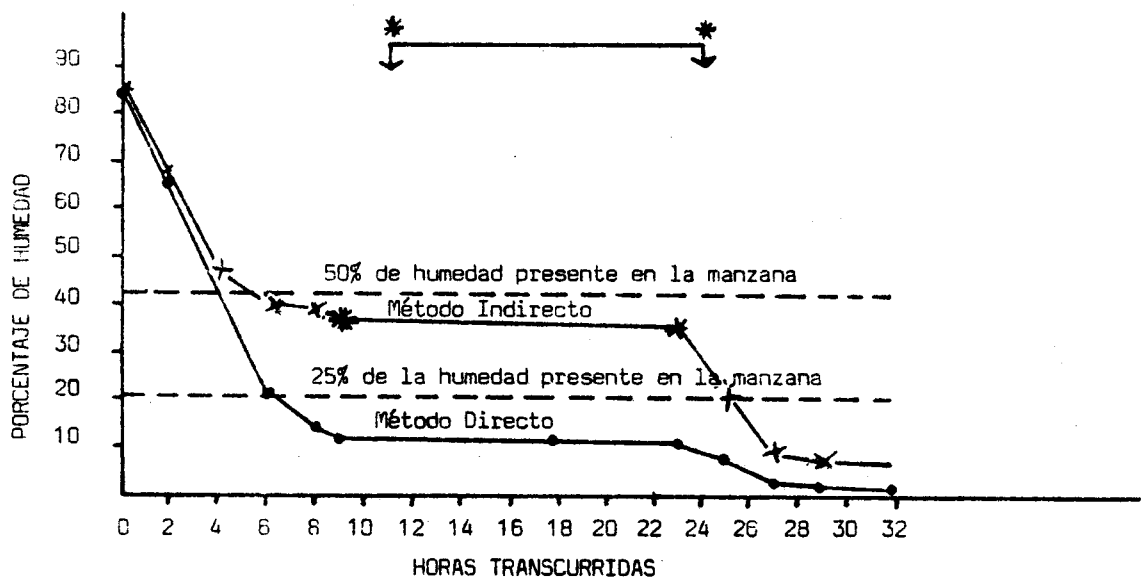
El porcentaje de humedad obtenido al final del secado para la manzana y la piña fue menor con el método de secado directo tal y como puede observarse en gráficas No. 21 y 22. Esto pudo deberse a que en el secado indirecto la temperatura fue menor y la luz solar se recibió en forma indirecta, evitando esto que la fruta llegara a temperaturas más altas dando como resultado una menor oxidación de la vitamina "C". Esto último coincide con lo reportado por Potter (1978) (12).

La manzana presentó un 85 por ciento de humedad en fresco y el 50 por ciento de reducción de este porcentaje (85%) se dio alrededor de las primeras 4 horas sol. El método directo tardó aproximadamente 6 horas sol en secar el 75 por ciento de la manzana, en cambio el método indirecto se tardó aproximadamente 11 horas sol en lograr el mismo porcentaje. (Ver gráfica No. 21).

GRAFICA No. 21

PORCENTAJE DE HUMEDAD OBTENIDO DE LA MANZANA (base húmeda) A TRAVÉS DEL TIEMPO (horas)

La manzana presentó un 85 por ciento de humedad en fresco y el 50 por ciento de reducción de este porcentaje (85%) se dio alrededor de las 4 horas de secado



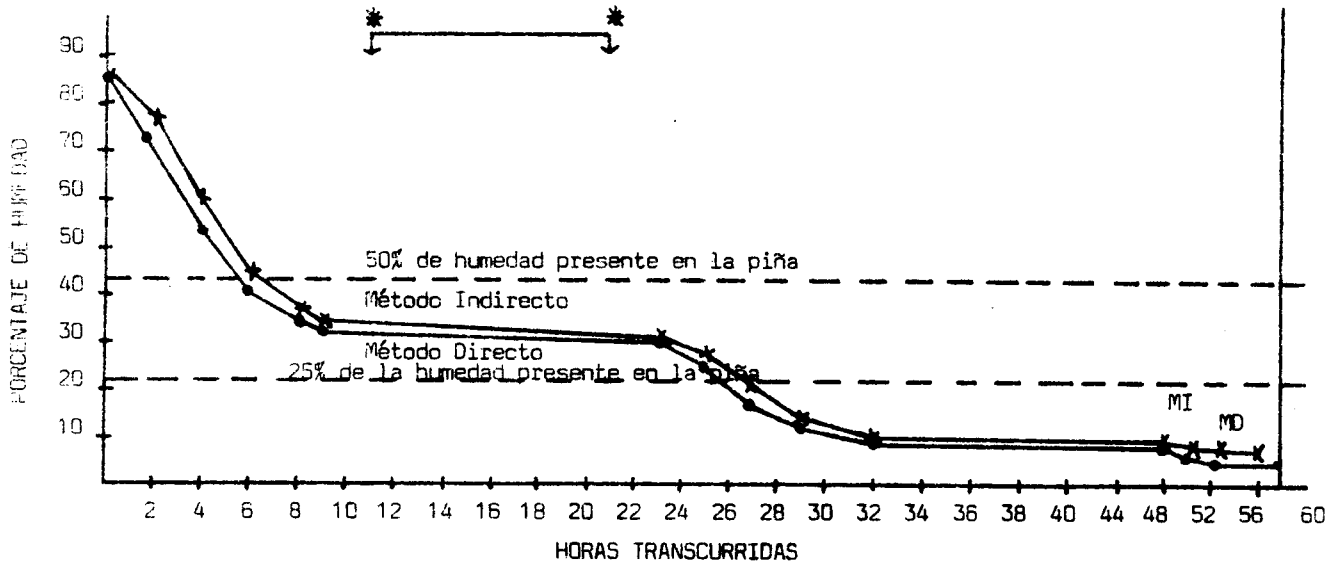
\* Período Nocturno

La piña presentó un 86 por ciento de humedad en fresco y el 50 por ciento de reducción de este porcentaje (86%) se dio alrededor de las primeras 6 horas sol. El método directo tardó 12 horas sol en secar el 75 por ciento de este porcentaje (86%). El método indirecto utilizó aproximadamente 13 horas sol para lograr el mismo porcentaje. (Ver gráfica No. 22).

GRAFICA No. 22

PORCENTAJE DE HUMEDAD OBTENIDO DE LA PIÑA (base húmeda) A TRAVES DEL TIEMPO

La piña presentó un 86 por ciento de humedad en fresco y el 50 por ciento de reducción de este porcentaje (86), se dio alrededor de las 6 horas de secado



\* Período Nocturno

## 10. CONCLUSIONES

- 10.1 El mejor método de deshidratación solar para retener vitamina "C" es el método indirecto para ambas frutas.
- 10.2 La aplicación de bisulfito de sodio a la manzana, previo a su deshidratación, permite la conservación de una mayor cantidad de vitamina "C" que cuando no se aplica.
- 10.3 Al aplicar bisulfito de sodio a la manzana, se obtuvo la misma eficiencia con las dos concentraciones y con los dos tiempos de inmersión. Por lo cual, por razón de costo-tiempo, es preferible usar la concentración 0.03 por ciento sumergiendo la fruta por tres minutos.
- 10.4 En piña, el tratamiento DI brinda mejores resultados en la retención de vitamina "C" que el EI.
- 10.5 La aplicación de bisulfito de sodio a la piña, presenta interacción con el método de secado directo e indirecto en la conservación de vitamina "C".
- 10.6 Comparando los porcentajes de humedad obtenidos después de la aplicación de ambos métodos y el tiempo transcurrido para el secado, se determinó que el método indirecto elimina la humedad de la fruta en forma más lenta respecto al método directo.



## 11. RECOMENDACIONES

Para retener mayor cantidad de vitamina "C" en manzana y piña, debe utilizarse el método de secado solar indirecto.

En el secado de manzana y piña, es conveniente el empleo del bisulfito de sodio como antioxidante para mantener los niveles de vitamina "C" y para efectos de calidad.

La calidad del producto deshidratado por energía solar, debe tecnificarse mediante el estudio del efecto de la exposición a la radiación.

Es necesario continuar haciendo estudios sobre diferentes alimentos y procedimientos donde se utilice el sol como fuente de energía para economía de costos y obtención de altos rendimientos en la producción industrial de los mismos.

## 12. REFERENCIAS

1. ICADA-CHOQUI. SECADORAS SOLARES. Quetzaltenango, Guatemala. 1980. 7p
2. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Ind. TECNOLOGIA PARA APROVECHAR LA ENERGIA SOLAR. Nueva York. Serie de Desarrollo y Transferencia de Tecnología No. 5. 1979. (p. 31,36,49,133,144)
3. Cornejo. S, Gonzales A.R. CAMBIOS NUTRITIVOS QUE SUFREN ALGUNAS HOJAS AL TRATAR DE CONSERVARLAS POR DESHIDRATACION SOLAR. San Salvador, El Salvador (Tesis de Graduación, Facultad de Ingeniería y Arquitectura) Universidad Politécnica de El Salvador. 1984. (p. 43-51, 22-28)
4. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial. SECA-DO SOLAR DE GRANOS. Proyecto Leña y Fuentes de Energía ICAITI-ROCAP- No. 596-0089. Guatemala, mayo 1985. (p. 3,49,87,88,101)
5. P.E. Gregoire. Roger G. UNDERSTANDING SOLAR FOOD DRYERS. Volunteers in Technical Assistance (VITA). Arlington, Virginia. 1984. (p.20)
6. Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Ind. APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR. Proyectos de Leña y Fuentes Alternas de Energía. 1983. Guatemala. (p. 6,7,19-21)
7. The National Formulary. Fifteenth, Ed. Official. July 1, 1980. U.S.P. (p. 111).
8. Goded y Mur. A. TECNICAS MODERNAS APLICADAS AL ANALISIS DE PASTOS Y PIENSOS. MADRID. Editorial Dossat, S.A. 1962. (p. 81-84)
9. Strohecker. R., Heinz M.H. VITAMIN ASSAY TESTED METHODS. D.D. Libman, Trad. E. Merck. A.G. Darmstadth 1965. (p. 227-253)

10. Lehninger. A. LAS BASES MOLECULARES DE LA ESTRUCTURA Y FUNCION CELULAR. "ED. Barcelona. Ediciones Omega, S.A. 1981. (p. 45)
11. Fisher P., Bender A. VALOR NUTRITIVO DE LOS ALIMENTOS. Buenos Aires; Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional. (AID 1972. (p. 45)
12. Potter, N. Norman. LA CIENCIA DE LOS ALIMENTOS. EDUTEX, S.A. México. 1978. (p. 261-281)
13. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). RECOMENDACIONES DIETETICAS DIARIAS PARA CENTROAMERICA Y PANAMA. Diciembre 1973. (p. 5)
14. Hidalgo y M.M. del Consuelo. FARMACIA QUIMICA. 1. Ed. Editorial Alhambra, S.A. 1969. Madrid. (p. 50)
15. Desrosier, Norman. W. CONSERVACION DE ALIMENTOS. CECOSA. Cía. Editorial, Continental, S.A. de C.V. México. 1984. (p. 361)
16. Desrosier. Norman. W. ELEMENTOS DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS Editorial CECOSA. México 1983. (p. 280,283)
17. Formoso A. 2000 PROCEDIMIENTOS INDUSTRIALES. 13 ed. Copyright in Washington, D.C. Por Formoso. A. Impreso en España por Selecciones Gráficas. Madrid. 1975 (p. 406,420)
18. Banliu, J. ELABORACION DE CONSERVAS VEGETALES. 3 ed. Editorial Sintés, S.A. Barcelona 1969. (p. 166-169)
19. Banliu, J. TECNICAS DE LA FABRICACION DE CONSERVAS ALIMENTICIAS. 2 Ed. Editorial Sintés, 1967. Barcelona (p. 206,211)

20. Denna, Delong DRY FOODS. Published. HP. Books, Inc. Printed in USA. 1979. (p. 19-23)
21. Helman José. FARMACOTECNIA TEORICA Y PRACTICA. 3 3d. Tomo V. Cía Editorial Continental S.A. de C.V. México. 1982. (p. 1520,1521)
22. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. (INTECAP). APLICACION DE LA ENERGIA SOLAR EN LA APICULTURA. 1985. (p. 9-15)
23. Williams S. Cleveland. THE ELEMENTS OF GRAPHING DATA. Monterrey California Copyrights. 1985. (p. 129-134)

## ANEXO No. 1 DESCRIPCION DEL SECADO SOLAR

### PRINCIPIOS BASICOS DEL SECADO SOLAR

Las dos fases principales del proceso utilizado en los secadores solares son: el calentamiento del fluido utilizado (generalmente el aire), y el secado mismo en el que el fluido calentado extrae la humedad del material que se ha de secar (2).

Cuando el aire sufre un aumento en su temperatura también pierde humedad relativa, y pasa a ser un "aire seco" o "aire de baja humedad". Un aire relativamente seco tiene la capacidad de absorber humedad del cuerpo con el cual se pone en contacto.

Estos principios físicos son los que se usan en un secador solar, ya que el aire seco y caliente circula entre el producto y absorbe la humedad de éste (6).

El calentamiento del aire puede cumplirse de dos maneras:

- 1) Indirectamente, mediante colectores solares que calientan el aire, utilizando para ello la convección natural o forzada para calentar el aire del ambiente y reducir la humedad relativa.
- 2) Directamente, calentando el aire en el lugar donde a la vez deshidrata el producto (2).

**Secado solar tradicional o secado natural:**

Consiste en la exposición del producto a las corrientes naturales de aire y a los rayos solares (6).

**Secado solar directo**

En el secado solar por radiación directa, parte de ésta puede penetrar

en el material y ser absorbida por el sólido mismo. En esas condiciones, se genera calor en el interior del material y en la superficie, y facilita la transferencia térmica en el sólido. Además el aire del ambiente exterior que penetra en la cámara de secado se calienta por acción del sol, en forma directa produciendo la evaporación del agua contenida en el producto (6),(2).

#### **Secado solar indirecto**

Consiste en aprovechar de manera más eficiente la radiación solar y las corrientes de aire. Se usan colectores de energía solar, cuya función es captar la energía de la luz del sol y transferirla al aire, en forma de calor. El aire así calentado se hace pasar al producto húmedo que se desea secar (4).

#### **SECADORES SOLARES**

Los secadores solares se clasifican según el modo de calentarse o la manera como se utiliza el calor derivado de la radiación (2).

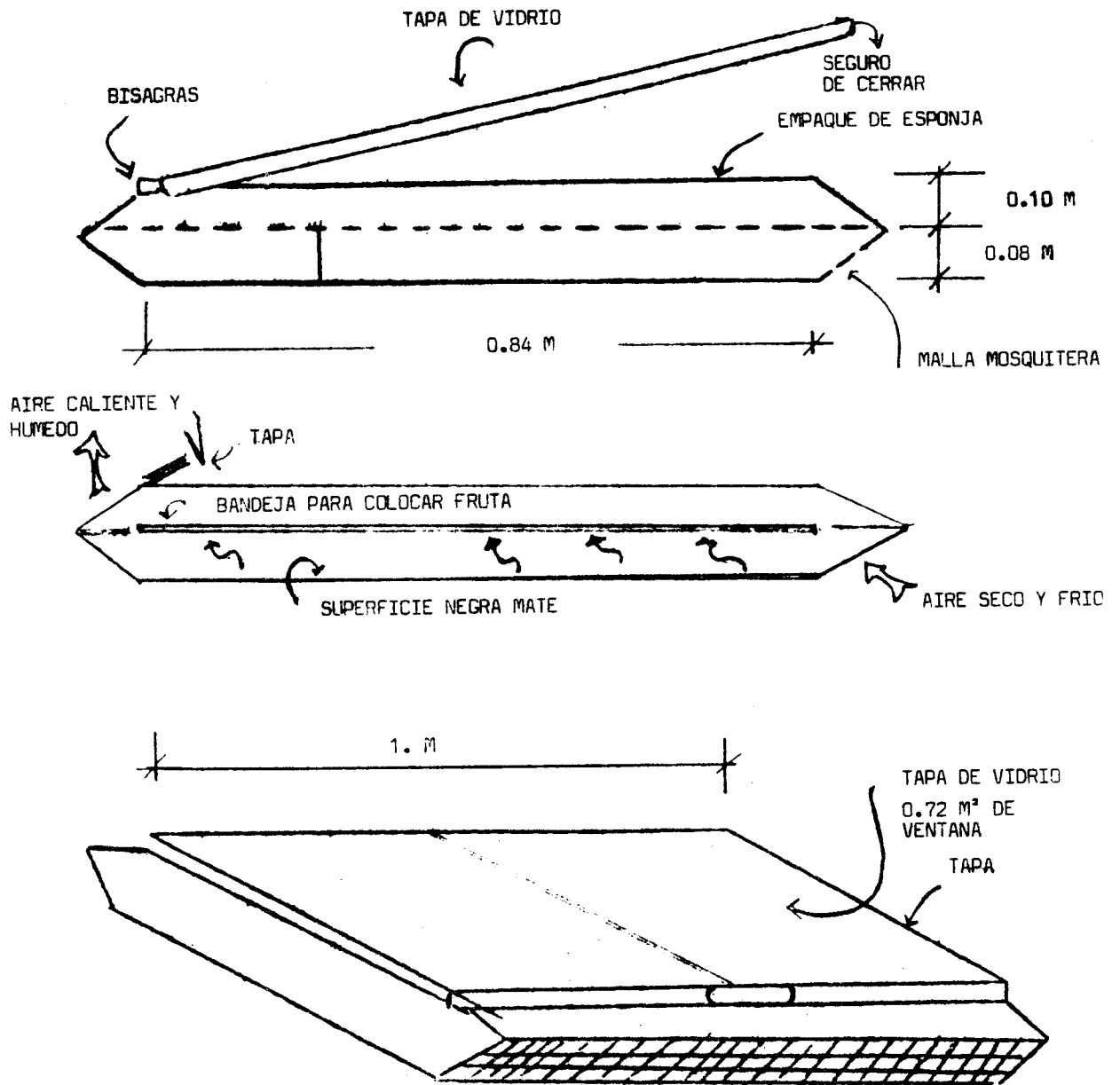
#### **Secador solar directo**

(Versión modificada y simplificada)

Este modelo consiste en una caja de madera con cedazo enfrente y detrás para la ventilación. Sobre el fondo se coloca una bandeja de malla con marco de madera. En la parte superior de la caja se coloca una tapadera transparente hecha con vidrio o polietileno. El fondo de la caja debe estar pintado de negro. Con este color se logra mayor absorción de la energía radiante, a la vez reduce a un mínimo la reflexión de ésta. (La función principal de un absorbedor, es convertir en calor la radiación solar) (6),(1).

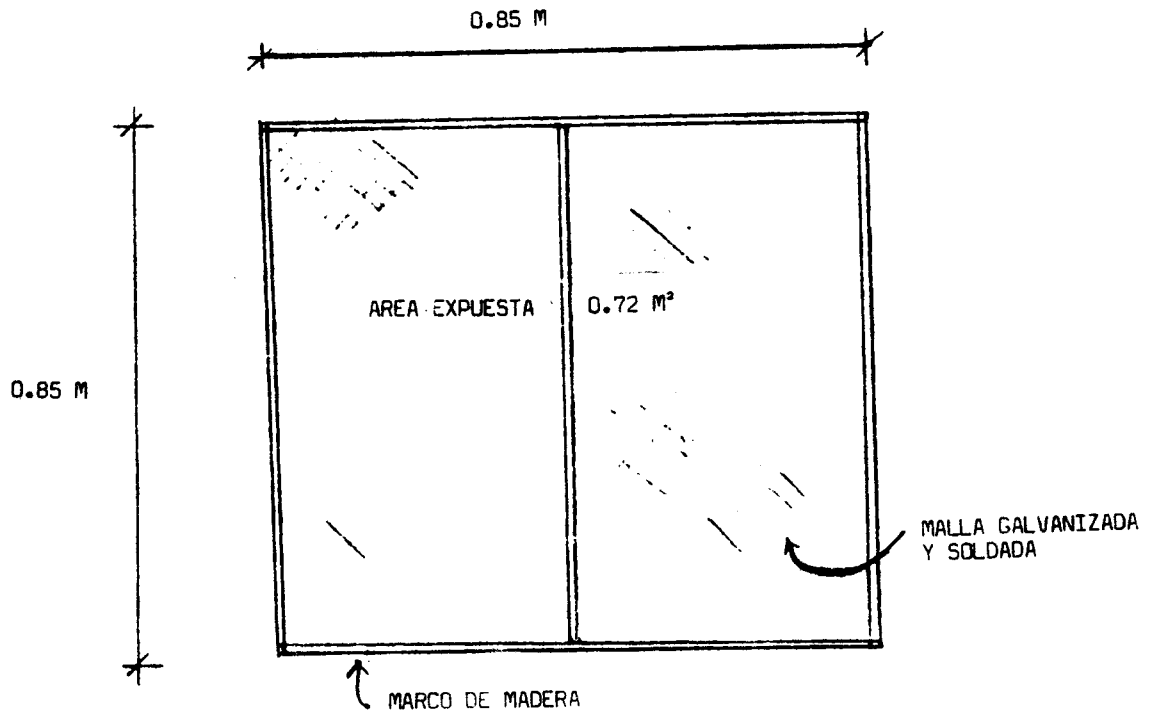
PLANO No. 1

SECADOR SOLAR DIRECTO  
Versión Modificada y Simplificada  
Ensayo Vitamina "C"

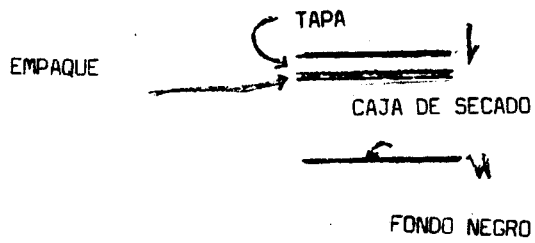


- CARACTERISTICAS:
- CAJA CONSTRUIDA DE MADERA
  - TAPA DE VIDRIO
  - PORTATIL
  - INCLINADA 20° AL SUR

### SECADOR SOLAR DIRECTO



BANDEJA DE SECADO SOLAR DIRECTO





### **Secador Solar Indirecto:**

Este secador (ver plano No. 2), consiste en dos partes: Un colector solar y una cámara de secado.

### **Cámara de secado:**

La cámara de secado es una caja construida de madera, por la que corren gavetas alineadas verticalmente. Las gavetas o bandejas de secado tienen un fondo formado por una tela metálica que es lo suficientemente abierta para permitir que el aire fluya de abajo hacia arriba.

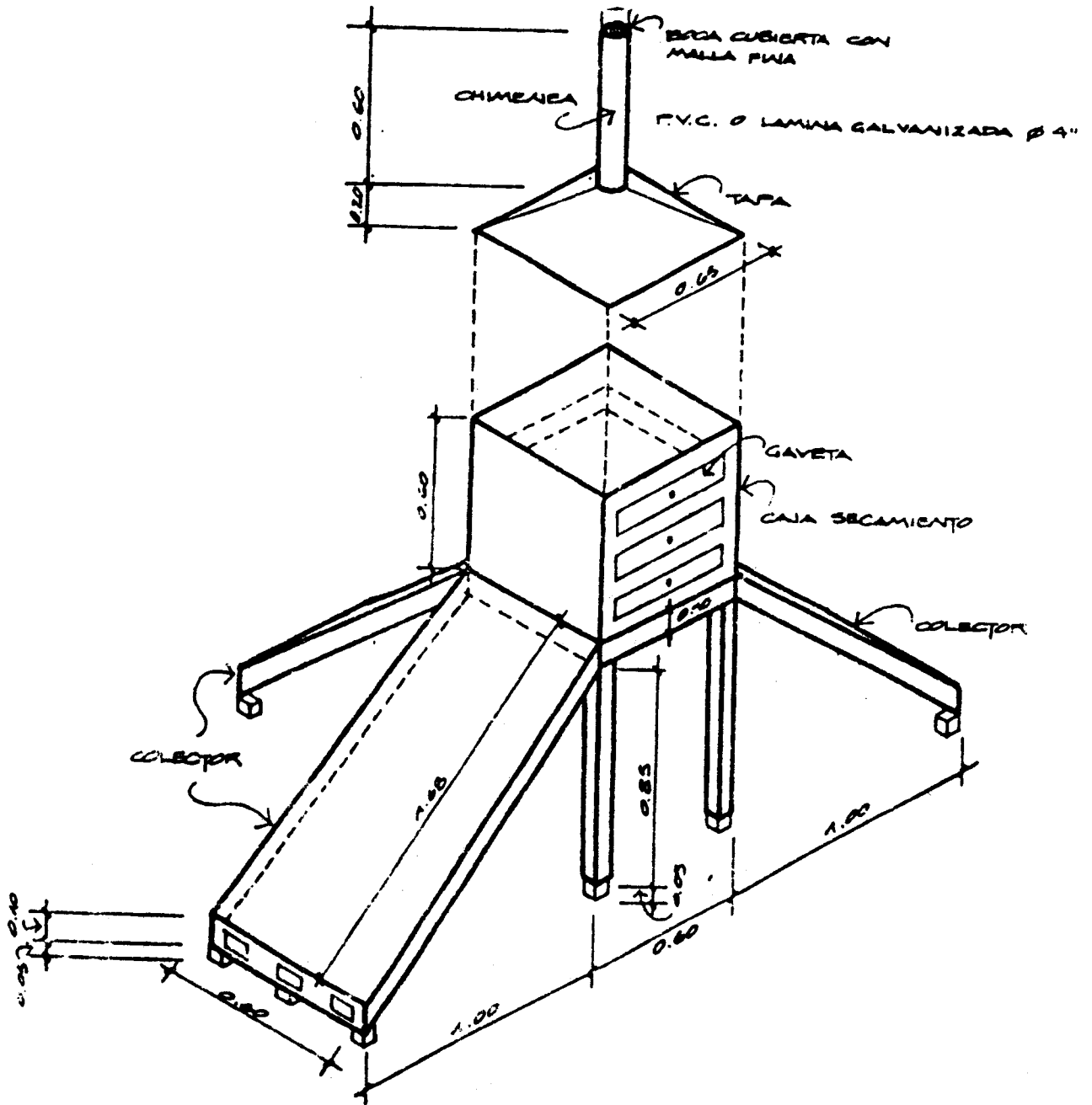
Chimenea: En la parte superior de la cámara de secado se encuentran cinco tubos cilíndricos. Deben ser lo suficientemente altos, para que ayude a la circulación del aire interior (2).

### **Colector Solar:**

En la parte baja de la cámara de secado existen tres colectores dispuestos de tal manera que puedan captar la mayor parte de la radiación solar que incide en el área ocupada (22). El colector solar consiste en una caja de madera cuyo fondo se pinta de negro, abierto al aire exterior en un extremo, y comunicado con la cámara de secado, por el otro. En la parte superior del colector se encuentra una cubierta de polietileno, la cual presenta tres funciones: la primera es permitir el paso de la radiación solar, una segunda función es presentar el efecto de invernadero a través de una retención de las radiaciones infrarrojas dentro de la caja. La tercera función es impedir que circule el aire frío en el absorbedor (fondo negro) y que el aire que ya está calentado dentro del colector salga al exterior (6).

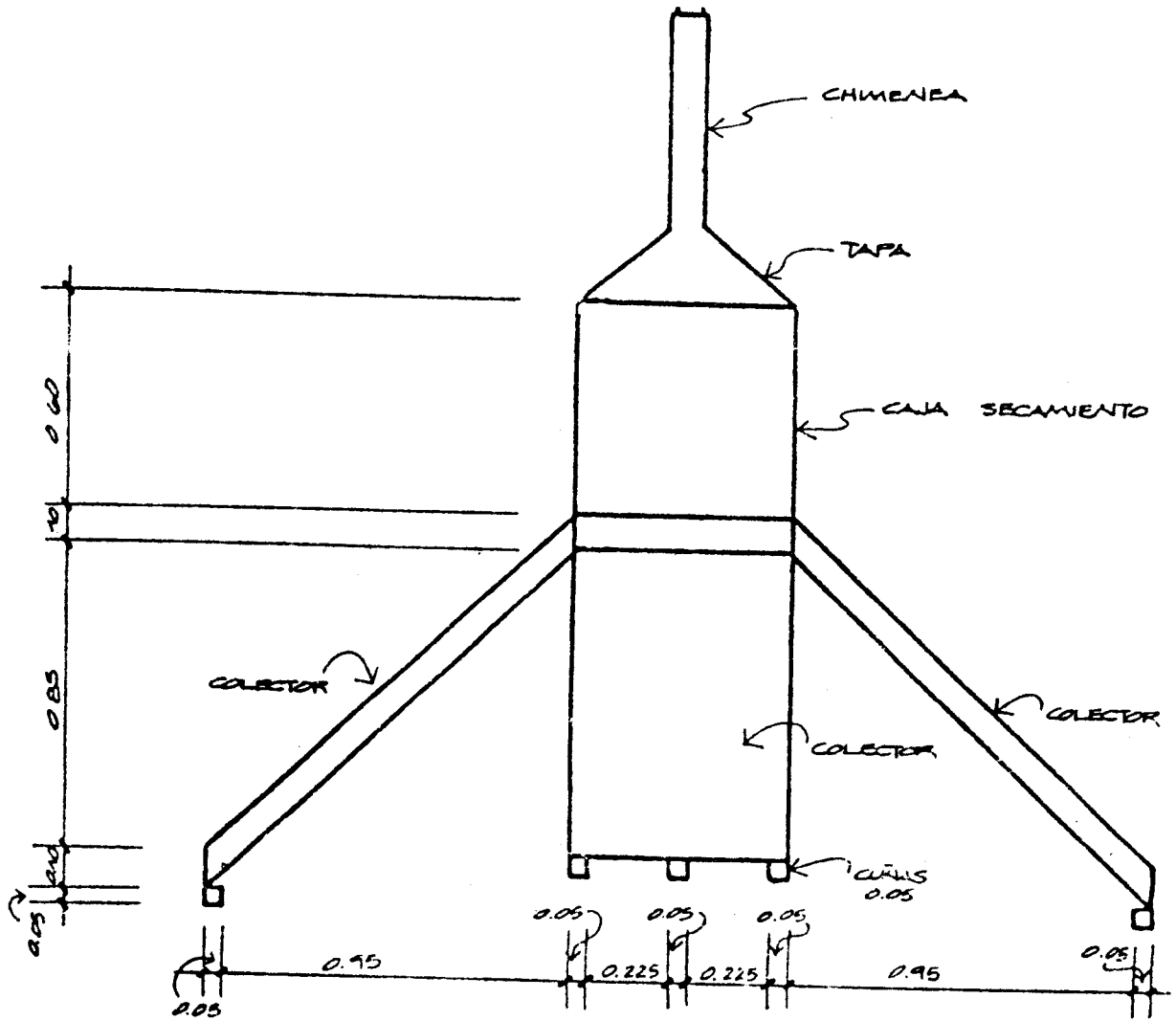
Plano No. 2

### SECADOR SOLAR INDIRECTO

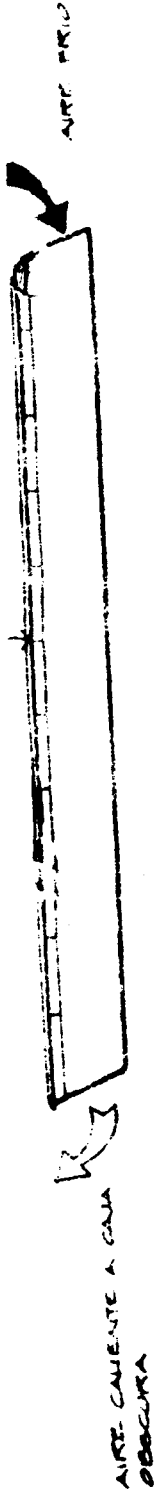


Características: Caja de secamiento de madera  
Colectores de madera  
Chimenea de lámina galvanizada  
Tapa de lámina.

### SECADOR SOLAR INDIRECTO



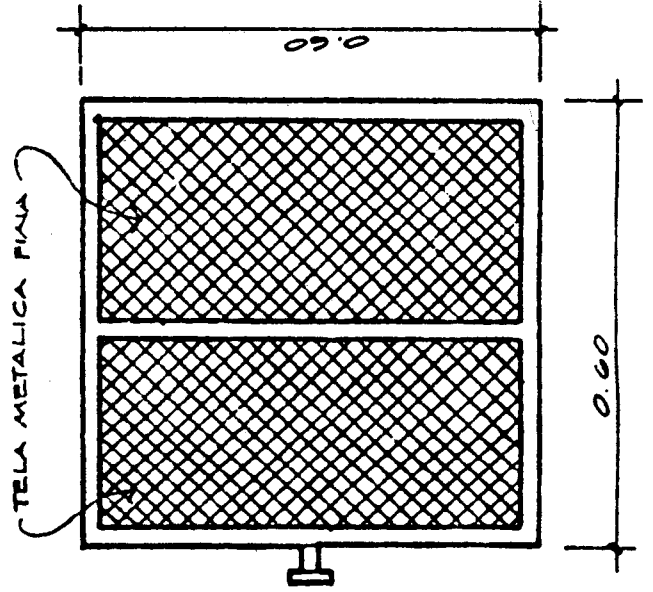
### SECADOR SOLAR INDIRECTO



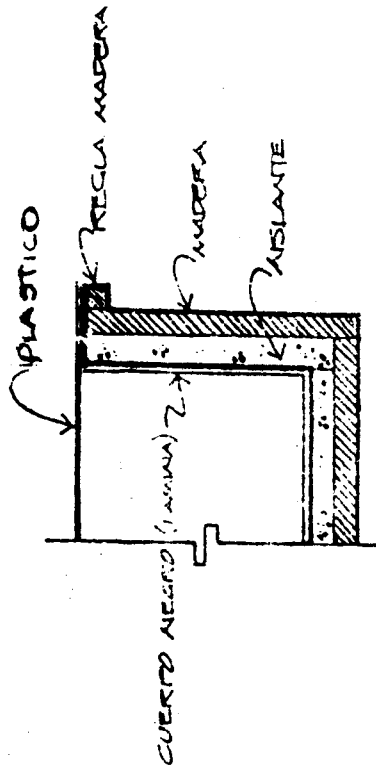
VISTA POSTERIOR COLECTOR



DETALLE DE GAVETA  
VISTA DE PLANTA

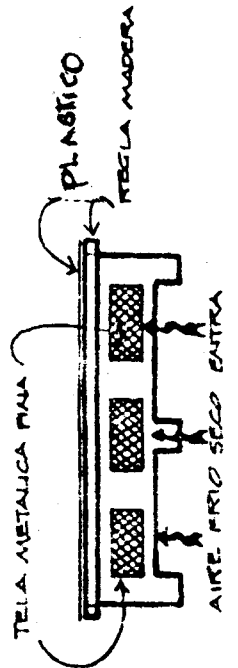


VISTA LATERAL COLECTOR



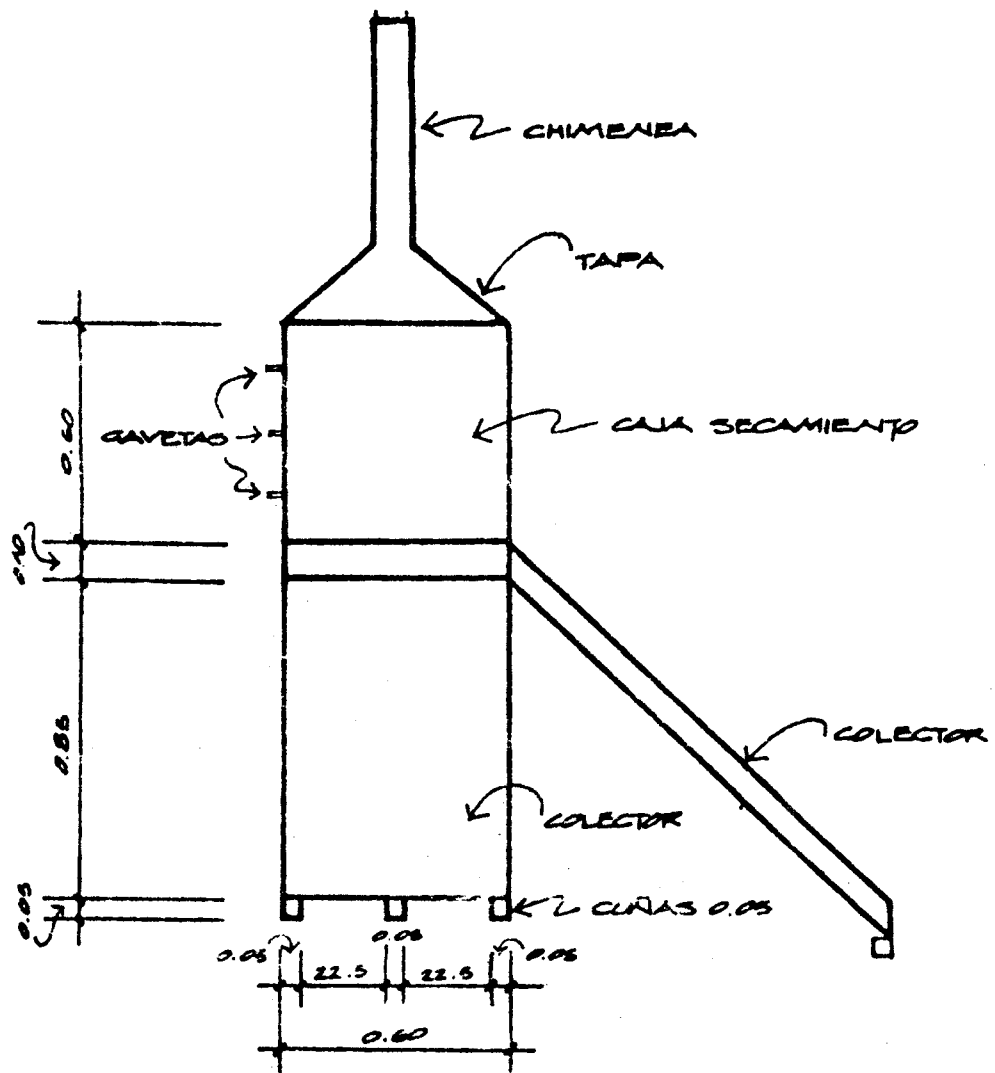
ESQUEMA PARED COLECTOR

VISTA FRONTAL COLECTOR

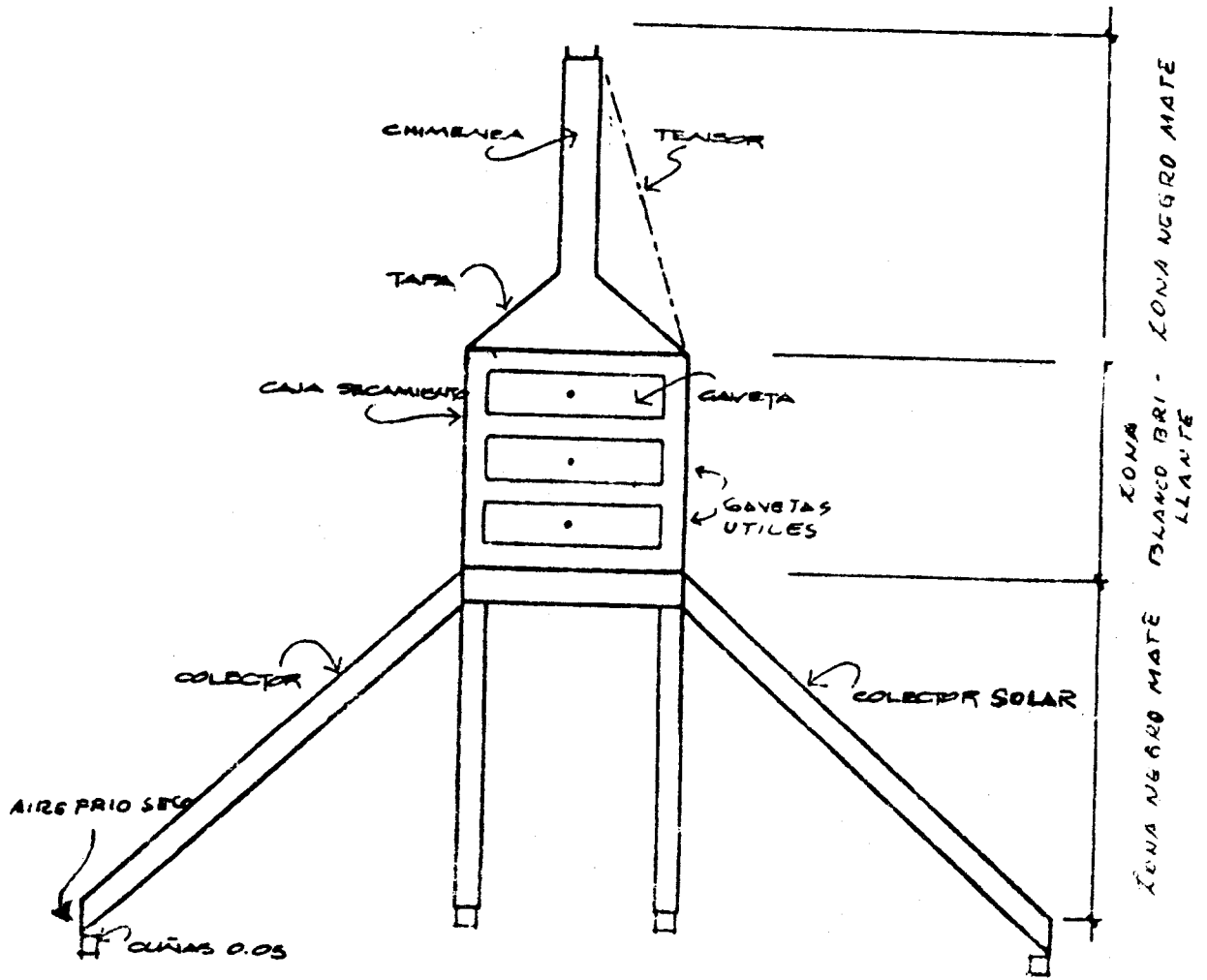


SECADOR SOLAR INDIRECTO

VISTA LATERAL DERECHA



SECADOR SOLAR INDIRECTO



**Funcionamiento del secador indirecto:**

El aire contenido dentro del colector se calienta y fluye hacia la cámara de secado, por convección natural, el producto que se desea secar está colocado dentro de la cámara y a través de él circula el aire calentado, absorbiendo la humedad que contiene; seguidamente el aire húmedo sale por la parte superior de la cámara (6).

## ANEXO No. 2. REACTIVOS

### Iodo 0.1 N:

Disuélvase unos 14 gramos de Iodo en una solución de 36 gramos de Ioduro de potasio en 100 mililitros de agua. Añádanse 3 gotas de ácido clorhídrico, dilúyase a 1000 mililitros y valórese.

### Valoración de solución de Iodo:

1. Pesar aproximadamente 150 mg de trióxido de arsénico previamente desecado a 105 grados centígrados por una hora.
2. Disuelva en 20 mililitros de hidróxido de sodio a 1N. Caliéntese si es necesario.
3. Dilúyase con 40 mililitros de agua.
4. Adiciónese 2 gotas de naranja de metilo y siga diluyendo con ácido clorhídrico, hasta que el color amarillo cambie a rosado.
5. Después adiciónese 2 gramos de bicarbonato de sodio, diluya con 50 mililitros de agua y adiciónese 3 mililitros de almidón TS.
6. Adiciónese lentamente la solución de Iodo con una bureta hasta que se produzca color azul permanente.

### Cálculos:

#### Calcular la Normalidad:

Cada 4.946 mg de trióxido es equivalente a un mililitro de 0.1N de Iodo.

Gurdarse en frasco color ámbar con tapón esmerilado (7).

### Almidón SR:

Mezcle 1 gramo de almidón soluble con 10 mg de Iodo mercurico y suficiente agua caliente hasta una una pasta fina. Adicione 200 mililitros de agua hirviendo y ebulle con movimiento continuo por un minuto. Enfríe y use únicamente la solución clara (7).



**Valoración de Vitamina "C":**

1. Disuélvanse 400 mg de ácido ascórbico pesado aproximadamente.
2. En una mezcla de agua libre de dióxido de carbono.
3. Adiciónese 25 mililitros de ácido sulfúrico a 2N.
4. Titular la solución con Sol. de Iodo a 0.1N.

Cada mililitro de Iodo a 0.1N le corresponde 8.806 mg de C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub> (7).

**Acido Sulfúrico Diluido:**

Añádanse cuidadosamente 57 mililitros de ácido sulfúrico a unos 100 mililitros de agua, enfríese a temperatura ambiente y dilúyase con agua a 1000 mililitros (8,9).

**Solución de Acetaldehído:**

A un mililitro de acetaldehído fresco mézclese con 99 mililitros de agua. La solución debe ser fresca (9).

**Solución Iodo a 0.02N:**

1000 ml a 0.1N son llevados a 500 ml con agua en frasco graduado.

Este 0.02N es estandarizado nuevamente por la ruta usual (9).

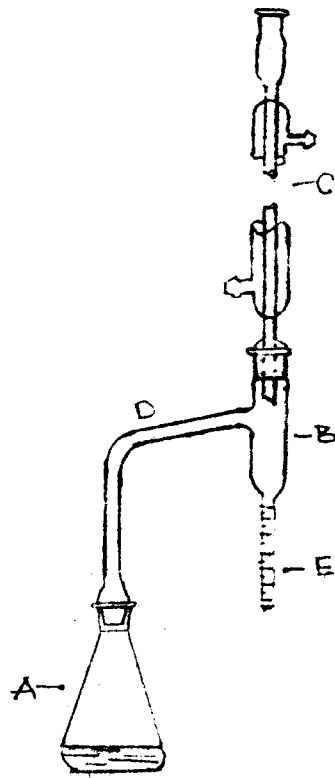
ANEXO No. 3.

DESCRIPCION DEL APARATO PARA LA DETERMINACION DE AGUA POR  
EL METODO DE DESTILACION

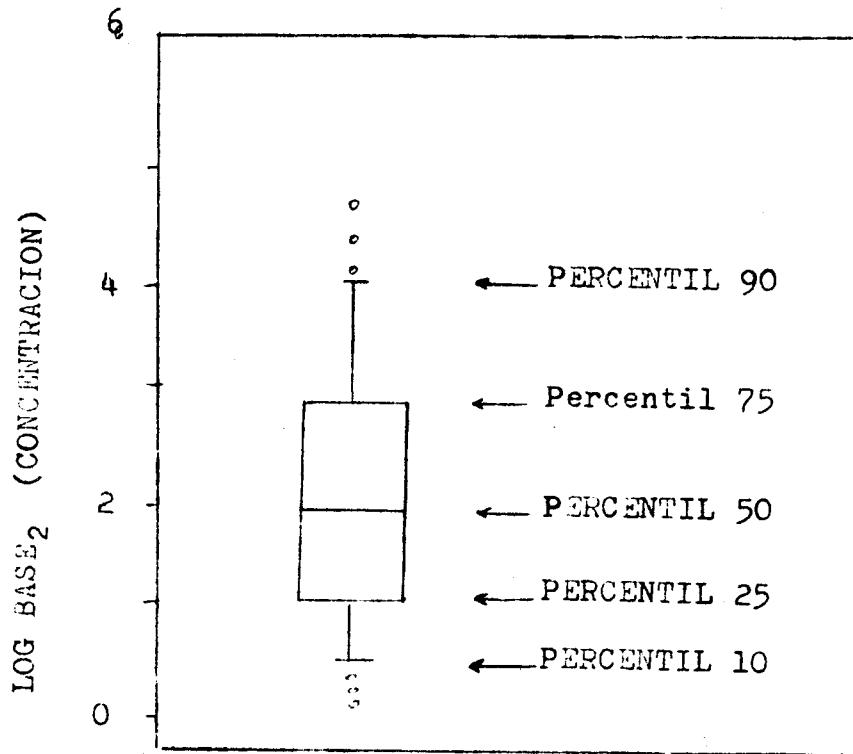
Usar un matraz de vidrio de 500 ml "A" conectado por medio de una trampa "B" (de Bidwell-Sterling) a un refrigerante de reflujo "C", por uniones de vidrio esmerilado.

La trampa es de 235 a 240 mm de longitud y la distancia entre el tubo conector "D" y el tubo colector "E", es de 9 a 11 mm. La porción cilíndrica del tubo colector es de 146 a 156 mm de longitud y el diámetro interno del cuello de la trampa es de 22 a 24 mm. El tubo colector está graduado para contener 5 ml y está subdividido en divisiones de 0.1 ml. El error de lectura, no será mayor de 0.05 ml. El refrigerante es de aproximadamente 400 mm de largo y la luz del tubo interno del refrigerante es de 8 a 10 mm. El refrigerante se conecta a la trampa como se ve en el dibujo. Como fuente de calor, es preferible un calentador eléctrico regulado por un reostato. La parte superior del matraz y del tubo conector pueden aislarse con asbesto (7).

APARATO PARA LA DETERMINACION DE HUMEDAD CON TOLUENO

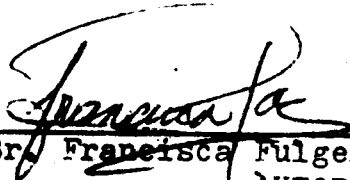


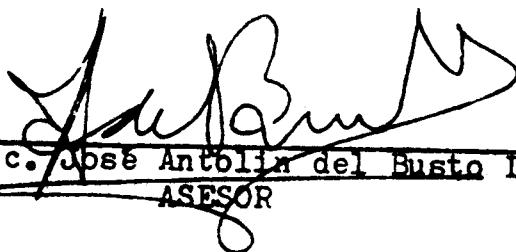
GRAFICA DE TUKEY



La caja graficada muestra percentiles, los seleccionados de los datos. Como se ilustra en esta figura, todos los valores debajo o sobre los percentiles 10 y 90 se grafican gradualmente como punto en la gráfica (23).

En las gráficas presentadas en esta investigación, los datos originales fueron convertidos a  $\log_2$  para esquematizar mejor los resultados.

  
Br. Francisca Fulgencia Pac Jucup  
AUTOR

  
Lic. José Antolin del Busto Ledesma  
ASESOR

  
Dra. Amarillis Saravia Gómez  
Directora  
ESCUELA DE QUIMICA FARMACEUTICA

  
Dr. Federico Richter  
DECANO

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central