



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

**Clave:** 642383

**CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL AGUAMIEL PRODUCIDO POR TRES  
VARIEDADES DE AGAVE SPP. CULTIVADAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA**

Areli Flores Morales y Lucero Romero Aguilar

**DIRECCIÓN DE LOS AUTORES**

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico del Altiplano de Tlaxcala. Km 7.5 Carretera Federal San Martín  
Texmelucan-Tlaxcala. CP 90122. Tlaxcala, Tlax.

**CORREO ELECTRÓNICO**

floresafm@hotmail.com



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

## INTRODUCCIÓN

El género *Agave*, taxonómicamente se ubica dentro de las Agaváceas y es el más importante de la familia. De las aproximadamente 273 especies de los 8 géneros de la familia Agavaceae, 205 (75%) que crecen en México, siendo 151 (55%) endémicas. El género *Agave* está constituido por 155 especies de las cuales existen 116 en México cifra que corresponde al 75% del total (García y Galván 1994).

Los magueyes productores de pulque en el valle de México según son: *Agave teometl* Zucc., *A. weberi* Cels., *A. altísima* Jacobi., *A. compliata* Trel., *A. gracillispina* Englem., *A. malliflua* Trel., *A. quitifera* Trel. *A. crassispina* Trel., *A. mapisaga* Trel. *A. americana* L., *A. salmiana* Otto ex Salm.

Las zonas productoras de pulque son principalmente Hidalgo, Tlaxcala, Edo. México y Puebla, aunque también se le encuentra marginalmente en San Luis Potosí, Michoacán, Querétaro, Morelos, Guanajuato, Veracruz y Oaxaca (García 1994 y Ramírez y Genti., 1982).

Hace cinco años la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) declaró a la planta “En peligro de extinción” (Periódico Excélsior. Ed. 9/VI/1989). La población magueyera actual es muy reducida, quizás un poco más de 50 mil ejemplares, de los cuales casi la décima parte se conservan en jardines botánicos y reservas ecológicas” (SEDESOL, 2002). Anteriormente sembraban el *Agave salmiana* por sus diversos usos naturales principalmente por la venta del pulque, pero en los últimos años en nuestro país la demanda del pulque ha disminuido, esta es una de las razones por las cuales se dejó de sembrar el maguey a gran escala.

La etapa productiva de un maguey pulquero comienza cuando este es “capado” es decir cuando se le corta el conjunto de pencas más tiernas del centro de la planta a partir de ese día el maguey se deja descansar por un periodo de hasta seis meses y a fin de que se “añeje” y pueda producir aguamiel de buena calidad y en cantidad suficiente.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

La siguiente labor es la “picazón” que debe hacerse unas dos semanas antes de que vaya a iniciarse el raspado y la extracción del aguamiel consiste en raspar la superficie de donde nació el meyolote a fin de formar en el mezontete, tronco o piña una cavidad llamada “cajete”, hacia la cual escurre la savia de las pencas, que es el aguamiel para que, al cabo de tres a cuatro meses, inicie la “raspa” y extracción del aguamiel para ello es preciso esperar que el cajete adquiriera un color entre rojo y amarillo oscuro (figura 1).



**Figura 1.** Maguey pulquero capado

A partir de ese momento el tlachiquero visitara al maguey todos los días con un raspador (herramienta semicircular, afilada en su borde, de unos 10 centímetros de diámetro) y eliminara el material gelatinoso que se forma después de cada visita, así como una ligera capa del cajete, con lo cual este se agranda de modo progresivo. A continuación con el “acocote” (Calabaza, grande y hueca, a la cual se le hicieron orificios en ambos extremos) el tlachiquero extrae con la fuerza de sus pulmones, succionando, el aguamiel que se deposito en el cajete y lo vaciara en pequeñas barricas de madera o en un odre de piel de cerdo o chivo al termino de vaciar el cajete el tlachiquero debe cubrirlo con pencas y una piedra, a fin de que no le caiga basura, ni agua de lluvia, ni se introduzcan animales.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

La producción de aguamiel aumenta conforme pasa el tiempo de raspa, en dos semanas el volumen aumenta hasta tres litros en cada raspa y en los siguientes dos meses puede producir hasta seis litros en cada ocasión. En el último periodo de su vida, con las pencas marchitas, ajenas a toda su lozanía y turgencia de otros tiempos, la producción desciende drásticamente y el maguey muere. La producción total de cada planta varía de 500 a 1000 litros (Ramírez y Gentry., 1982).

El aguamiel es un líquido dulce (7 a 14 °Baumé), éste puede ser ácido o ligeramente alcalino, incoloro y transparente. Posee un ligero olor herbáceo y contiene diversos minerales, además de ser rico en carbohidratos y proteínas, (Ramírez Pompa y Gentry; 1982). De igual forma, al aguamiel se le han atribuido propiedades curativas; así como, cierto poder laxante, (Sánchez, 1978). Así también, es considerado como un medio favorable para la proliferación de numerosas especies de microorganismos, los cuales le confieren la característica de líquido fácilmente alterable, lo que permite la generación de una fermentación espontánea en un corto intervalo de tiempo.

De acuerdo a Flores *et. al.*, (1996) la composición química de aguamiel se conoce rudimentariamente desde 1858. Los estudios químicos realizados al aguamiel por este autor muestran que el aguamiel tiene una composición más apropiada y certificada de los constituyentes; entre los que destacan la humedad, glucosa, fructuosa, maltosa, sacarosa, sustancias minerales y proteínas. Mismos que fueron comparados a los obtenidos por Flores y Aguilar (1995) y Flores *et. al.*, (1996).

De la fermentación del aguamiel, que tarda aproximadamente entre 24 y 48 horas, se obtiene la bebida alcohólica conocida como pulque. El producto primario es el aguamiel, el cual se toma como bebida refrescante, factible de industrializarse, además de ser medicinal y nutritiva, el aguamiel se fermenta y produce pulque que es una bebida lechosa que contiene de 4- 8 % de alcohol (Sánchez and Hop. 1953, Sánchez, 1978).



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

Actualmente su consumo a decaído considerablemente debido a la erosión cultural, la poca higiene y la nula propaganda en contraste a las bebidas alcohólicas como: el tequila, el mezcal, la cerveza, el brandy ó el vino que son objeto de un mayor aparato comercial (Flores y col., 1995, 1996). Por otro lado el Doctor José Luís del Razo, expresa que ha iniciado un proyecto de envasado de pulque, opina que tanto la cultura de tomar pulque, como la planta misma y la gente que siempre dependió de esto, se están acabando. Estamos desperdiciando unas de las bebidas más completas y balanceadas, que contiene los niveles vitamínicos y energéticos que necesita el ser humano.



## MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta de aguamiel se realizó en el Rancho “Los Fernández”, propiedad del Sr. Salome Fernández, ubicado en la comunidad de Ocotitla, municipio de Villa Alzayanca de Hidalgo, Huamantla, Tlaxcala. Se localiza en la zona oriental del Estado, con un clima predominante semi-seco y tiene una altitud de 2,600 m.s.n.m.

En este lugar se localizan tres variedades de maguey conocidos comúnmente como manzo, cenizo y amarillo, las cuales fueron utilizadas para la realización del presente trabajo.

El muestreo del aguamiel se efectuó a magueyes que se encontraban en un periodo inicial a su etapa de producción. Los magueyes que se emplearon tenían una edad promedio de 8 años.

La producción de aguamiel de las tres variedades de maguey se colectó mañana y tarde durante un periodo de 4 meses.

El aguamiel fue envasado en botellas de polietileno graduadas y etiquetadas, con fecha, hora, variedad de maguey, volumen y volumen del cajete.

La extracción del aguamiel la realizó el tlachiquero, para posteriormente a ello medir el cajete de cada uno. Todas las muestras colectadas fueron congeladas para evitar el proceso de fermentación y trasladadas al laboratorio.

La materia prima se filtró, mediante filtros de un tamaño de poro de 0.2 mm de diámetro, afín de evitar la presencia de materia suspendida que origine error en los análisis.

### I. Análisis físicos

La medición del volumen de aguamiel se realizó de forma directa en campo, con la ayuda de una probeta graduada.

La medición de diámetro y altura del cajete del maguey se realizó una vez extraída el aguamiel. Datos utilizados para calcular el volumen de cajete de cada uno de los magueyes empleados para la evaluación.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

## II. Análisis químicos

Los análisis efectuados a las muestras de aguamiel, se realizaron por triplicado para obtener datos confiables de análisis. Las pruebas realizadas fueron: Humedad, cenizas (se emplearon métodos gravimétricos), densidad (por diferencia de peso), pH, acidez (analizada como ácido láctico), índice de refracción, grados Brix, azúcares totales y reductores (se utilizó la técnica de DNS y el método de fenol-sulfúrico) y para proteína, se utilizó el método Kjeldall (Gaset A. 1992).

### a). Determinación de densidad (Por diferencia de peso/volumen)

Se colocó 10 ml de aguamiel en un densímetro previamente pesado y por diferencia de peso se determinó la densidad.

### b). Determinación de cenizas (Por diferencia de peso)

Se colocó una muestra de 10 ml en un crisol de porcelana y se mantuvo a peso constante y después se colocó en una mufla (temperatura 550 °C / 4 Hrs) hasta reducir a cenizas. Por diferencia de peso se obtiene el valor.

### c). Determinación de pH

El pH se midió de forma directa con la ayuda de un potenciómetro digital (conductronic pH-20).

### d). Determinación de acidez (como ácido láctico)

Se emplearon 10 ml de la muestra se le agregó fenoftaleína como indicador, se tituló con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N. (cambio de color a un rosa), la cantidad de solución utilizada hasta el cambio de color se emplea para realizar el cálculo respectivo en función a la ecuación:  $V1.V2/C1.C2$

### e). Determinación del índice de refracción.

Para la determinación del índice de refracción y grados Brix, se empleó un refractómetro tipo Abbe, con número de prisma RL-3.

Procedimiento:



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

1. Limpieza se prismas con agua y alcohol.
2. Se estandarizo la lectura correcta del índice de reatracción del agua a 20°C, la cual es de 1,3330.
3. Se coloco la muestra problema sobre el prisma (limpio y seco) y se tomo la lectura del índice de refracción y grados Brix.

e). Determinación de proteínas (método Kjeldall)

Se colocaron 10 ml de aguamiel en un matraz de digestión y se adicionaron 10 ml de acido sulfúrico y el catalizador. Los matraces fueron colocados en el digestor en un espacio de 3 hrs.

Posteriormente la solución se dejo enfriar para realizar la destilación, titulación a las muestras y el calculo de proteína presente (% de proteína = % N x 6.25).

f). Determinación de azucares reductores.

Se empleo el reactivo de DNS para la cuantificación de azucares.

Se realizaron curvas patrón de sacarosa, glucosa y fructosa en una concentración de 0.0 a 10 mg.L<sup>-1</sup>

Tratamiento a la muestra de aguamiel: Se preparo una dilución 1:25.

En los tubos de ensaye se coloco 1 ml de la muestra diluida y 1 ml del reactivo de DNS, se agito vigorosamente, depuse los tubos fueron colocados en una baño Maria durante 5 minutos, posteriormente se procedió a enfriar en un baño de hielo y se adicionaron 10 ml de agua destilada, para su posterior lectura a una longitud de onda de 540 nm en un espectrofotómetro (Spectronic 21)

g). Cuantificación de aminoácidos

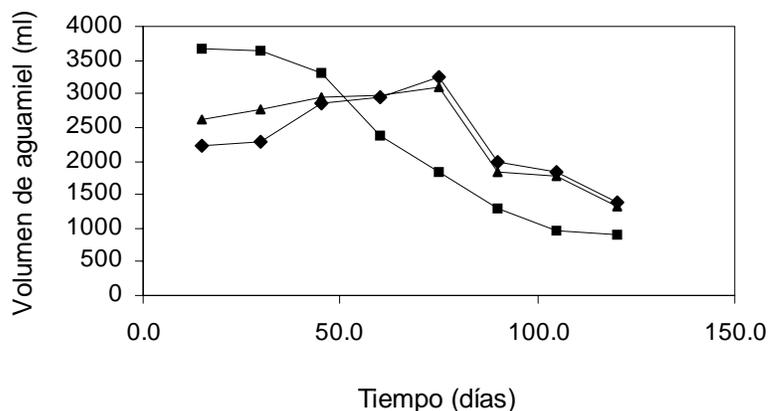
Este análisis se realizo con la ayuda de un cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC-Nicolet 1200). La cuantificación se realizo con la preparación de una curva estándar previamente preparada (Journal Biological Chemistry 1976, vol 251, 1936 – 1940).



## RESULTADOS

La caracterización fisicoquímica realizada a el aguamiel extraída de la planta durante un periodo de producción de 4 meses, a partir de que el maguey es capado, nos permite observar si existen diferencias significativas con respecto a la producción aguamiel generada por las tres variedades de agave evaluadas.

Los resultados muestran que no existen diferencias significativas respecto al volumen de aguamiel producido por las tres variedades de maguey con respecto al periodo de producción evaluada como se muestra en la figura 1.



**Figura 2.** Volumen de aguamiel producido por un periodo de producción de 4 meses de las tres variedades de maguey pulquero. Donde: Volumen de aguamiel correspondiente al maguey cenizo (▲);manzo (■) y amarillo (◆)

Se observa que para el maguey manzo presenta un volumen de producción ligeramente superior, 2.4 L. en promedio por día (Tabla III) en relación a las otras variedades.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

Observamos un comportamiento diferente en cuanto a la producción de aguamiel para las tres variedades de agave. Para el maguey var. manzo se nota que a partir del inicio de la extracción de aguamiel esta cantidad es superior y con el paso del tiempo fue disminuyendo paulatinamente durante el periodo de evaluación. Sin embargo para las otras dos variedades de maguey (cenizo y amarillo) al inicio de la producción de aguamiel es relativamente bajo y va incrementando la producción en función del tiempo. A los 75 días de producción se observó un máximo de producción de aguamiel en ambas variedades para posteriormente ir disminuyendo en función del tiempo. Después de los cuatro meses de evaluación de la producción de aguamiel se observó que la cantidad de esta bajo en más de un 50%

Los análisis de la caracterización físico - química (volumen de aguamiel, pH, acidez, grados Brix, índice de refracción, densidad, cenizas, azúcares reductores y aminoácidos presentes) de la evaluación de aguamiel proveniente de las tres variedades de agave se efectuó con el fin de determinar la calidad de la misma. Los resultados nos permiten observar que sus características fisicoquímicas también presentaron diferencias significativas, entre las tres variedades como se muestra en la tabla I, en ella observamos que para maguey manzo la cantidad de proteína fue ligeramente superior, sin embargo la cuantificación de azúcares reductores totales se encontró un mayor porcentaje en el maguey cenizo.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

**Tabla I.** Características fisicoquímicas de aguamiel de maguey pulquero.

Componentes	Variedades de agave		
	Manzo	Cenizo	Amarillo
de aguamiel			
Volumen (ml)	2418.64323	2251.875	2345.337
Cenizas (g)	0.534	0.413	0.480
pH	6.3	6.4	6.6
°Brix	11.438	11.0121	12.669
Índice de refracción	1.352	1.353	1.365
Densidad (g.L <sup>-1</sup> )	1.298	1.268	1.231
Acidez (%)	1.649	1.412	1.466
Proteínas (mg L <sup>-1</sup> )	3.409	3.106	2.490
Azúcares reductores(g.L <sup>-1</sup> )	1.637	1.973	1.069
Glucosa (mg.L <sup>-1</sup> )	2.310	3.12	2.5
Fructosa (mg.L <sup>-1</sup> )	4.703	4.928	4.5

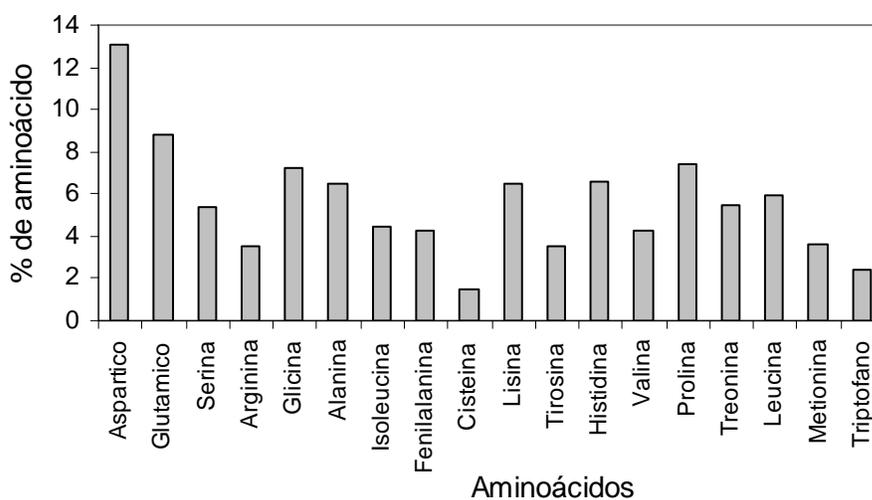
0.5 % error experimental

La composición de aguamiel varía significativamente para cada variedad evaluada, de forma general podemos determinar que existe un gran potencial de uso de estos componentes para dirigir adecuadamente la fermentación de aguamiel a pulque.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

En cuanto a la cuantificación de aminoácidos presentes en el aguamiel, se presentan los más representativos de la evaluación (Figura 2). Esta figura muestra el porcentaje de cada uno de los aminoácidos encontrados en la muestra de aguamiel proveniente de agave variedad manzo solamente.



**Figura 3.** Amino grama de aguamiel de agave pulquero var. manzo

Se observa que de los aminoácidos cuantificados, la cantidad de aspártico, glutámico, glicina, alamina, lisina, histidina, prolina, treonina y leucina son los aminoácidos que se encuentran en ligeramente en mayor proporción con respecto a los otros aminoácidos (serina, arginina, alanita, isoleucina, fenilalanina, cisterna, tirosina, histidina valina, metionina y triptofano).



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

Los resultados obtenidos sobre los componentes de aguamiel indican su calidad nutritiva para la generación de nuevos productos empleando esta como materia prima: Los estudios de la composición química del aguamiel y de la industria pulquera en general, se han sucedido desde la última década. En algunas ocasiones estos estudios además de ser promovidos con fines científicos su objetivo principal es defender e impulsar el cultivo de la especie y comercializar tecnológicamente la bebida alcohólica (pulque). En los numerosos estudios de laboratorio que se han hecho sobre la cuantificación de los componentes principales de aguamiel varían significativamente, sin embargo se ha logrado incrementar el número de trabajos realizados en este sentido, con la finalidad de explotar los azúcares presentes.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

## CONCLUSIONES

Es interesante estructurar un mejor estudio sobre la producción y características del aguamiel que se obtiene de los *Agaves* pulqueros. Se observa que es importante el periodo de producción y con ello se observa una diferencia de las características químicas de aguamiel en función a la variedad de agave. Es importante remarcar que el contenido en azúcares presentes en el aguamiel, sobretodo aquellos que puedan impactar en el empleo del aguamiel como una bebida funcional y apta para diabéticos u otro uso potencial.

Por otro lado, el estudio realizado responde a uno de los planteamientos efectuados por los productores de la región con respecto a permitirle adjudicar un valor agregado al producto original (aguamiel), mismo que se reflejara a un incremento en su beneficio económico.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Flores, M., A. y Aguilar, A., M. E. 1995. Características físico-químicas del aguamiel producido por las tres especies de *Agave spp* que se cultivan en el estado de Tlaxcala y el efecto del raspado en la variación de su composición. XXVI Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de alimentos. Puerto Vallarta, Jalisco.
2. Flores, M., A., Olvera, H., M. E. y Martín, C., S. 1996. Obtención de una miel a partir de aguamiel producido por tres especies de *Agave spp* que se cultivan en el estado de Tlaxcala y su evaluación físico-química en su composición. XXVII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Monterrey N. L. México.
3. Gaset, A. 1992. Document de travaux. Practiques. ENSIACET-INP. Toulouse Francia.
4. García, M, A. 1994. Colección Nacional de Agaváceae. Primer Simposio Internacional Sobre Agaváceas. Instituto de biología Universidad Nacional Autónoma de México.
5. García- Mendoza, A. y R. V. Galván. 1994. Riquezas de las familias Agaváceae y Nolinaceae en México. Primer simposio internacional sobre Agaváceas. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México.
6. Harold, E.; Kirk, R. y Sawyer, Ronald. 1991. Análisis químicos de los alimentos de Pearson. Editorial CECSA. México, D. F.
7. Harth, F. L. y Fisher, H. J. 1984. Análisis modernos de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
8. Periódico Excelsior. Ed. 9/VI/1989.
9. Ramírez Pompa y Gentry. 1982. El maguey: árbol de las maravilla. Editado por el Museo Nacional de Culturas Populares. México, D. F.



V Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica  
XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica  
VI Jornadas Científicas de Biomedicina y  
Biotecnología Molecular

---

10. Rocio, J., J. 1993. El crecimiento y las practicas culturales de los Agaves pulqueros del Valle de México. Tesis profesional. Diversidad Nacional Autónoma de México. ENEP-IZTACALA. México. México, D. F.
11. Sánchez, A., V. M. G. 1978. Estudio de productos industriales derivados del maguey. Tesis profesional. Universidad Femenina de México. México.
12. Sánchez, M., A. and Hop, H. P. 1953. Agave juice. Fermentation and chemical composition. Studies of some species. Agricultural and Food Chemistry. Vol. 1. 246-249.
13. SEDESOL (2002) Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL.2002
14. Stel y Torrie. 1993. Bio-estadística aplicada. Editorial McGraw Hill. México, D. F.