

# ZONIFICACION AGROECOLOGICA PARA AGUACATE (*Persea americana Mill*) EN LA ZONA CENTRAL DE VENEZUELA

Adriana CORTEZ<sup>1</sup>, Lorenzo A. ACEVES<sup>2</sup>, Ramón ARTEAGA<sup>3</sup>, Mario A. VÁZQUEZ<sup>3</sup>

## RESUMEN

En el presente trabajo se establecen zonas de aptitud agroecológica para el aguacate en la zona central de Venezuela. Se trabajó con datos decadales y mensuales de temperatura máxima y mínima, precipitación y evaporación. En el análisis de régimen térmico se calcularon limitantes por temperaturas máximas y mínimas, eficiencia térmica y grados días de desarrollo. Para el régimen hídrico se calcularon balances hídricos decadales para cada año de cada una de las estaciones con esta información se generaron las deficiencias y excesos de agua en el suelo. Una vez analizado el complejo clima-cultivo se incorporó el recurso suelo, donde se utilizaron las características más relevantes como son la salinidad, el pH y la textura y donde se determinó que el suelo no fue el factor limitante para la adaptabilidad agroecológica del cultivo del aguacate. Del estudio se concluye, que la región presenta cuatro clases de aptitudes para el aguacate y que el factor que más limita el desarrollo del cultivo es la temperatura máxima, ya que causa serios daños a la fecundación y cuajado.

**Palabras clave:** Zonificación, aguacate, Venezuela.

## INTRODUCCION

Es de mucha importancia el conocer las áreas que ofrecen mejores condiciones ecológicas para el desarrollo de un determinado cultivo, es decir la zonificación agrícola. De tal manera que se puede tener una programación racional acorde con los recursos naturales que se dispone permitiendo así un mejor aprovechamiento del medio ambiente, servir de orientación a las políticas de investigación, fomento del sector agropecuario y una acertada toma de decisiones. Por lo que, Romo y Arteaga 1990 mencionan que la zonificación, es un apoyo fundamental de la planeación

---

<sup>1</sup> Maestro en Ciencias. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Maracay, Estado Aragua, Venezuela. Apto. Postal 4846 CP 2101. E-mail : iira@reacciun.ve

<sup>2</sup> Dr., Investigador Docente. Programa de Agrometeorología, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, México. C.P. 56230 E-mail : laceves@colpos.colpos.mx

agrícola que surge como una de las aplicaciones más importantes de la meteorología agrícola. El aguacate (*Persea americana* Mill) es una de las frutas más populares y de consumo generalizado en el país, con grandes perspectivas para ubicarse entre los principales productos no tradicionales de exportación dadas las ventajas de los precios y el nivel de demanda del mercado internacional (Barbeau, 1992). Dada la importancia del cultivo de los frutales en el caso particular del aguacate; la información que se genere con el presente trabajo, servirá para la planificación y apertura de nuevas áreas para este cultivo, así como hacer reorientaciones en las zonas donde ya se encuentra establecido y obtener un mejor aprovechamiento de los recursos clima y suelo de la región seleccionada para el estudio. El objetivo de este trabajo es definir los requerimientos agroecológicos para el aguacate a partir de una revisión de la literatura y compararlos con las condiciones de la región, y elaborar la zonificación agroecológica para el aguacate en la zona central de Venezuela y determinar si la información de clima, suelo y número de estaciones meteorológicas son suficiente para aplicar la metodología propuesta por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas IICA.

## **MATERIALES Y METODOS**

La presente investigación se realizó en la superficie estatal de Aragua y Carabobo, la cual se encuentra ubicado en la zona central de la República de Venezuela, entre los 9° 30' 33" y 10° 34' 48" de Latitud Norte y 66° 33' 11" y 68° 26' 28" de Longitud Oeste. Se utilizaron 14 estaciones meteorológicas distribuidas en toda el área de estudio. El esquema metodológico de zonificación agroecológica de cultivos que se utilizó, adaptado por el propuesto por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (Rojas, 1985).

Además se aplicó la metodología propuesta por Romo (1984); analizando datos decadales de temperaturas máximas y mínimas de las 14 estaciones tomando como base los requerimientos climáticos del cultivo. Para dicho análisis se efectuó una evaluación agroclimática de temperatura, ésta se determinó conociendo la temperatura del mes más caliente y la del mes más frío, así como la evaluación agroclimática por temperatura. Para el cálculo de la eficiencia térmica se utilizó un programa en lenguaje Quick BASIC, llamado EFIC. El parámetro se origina a partir del trabajo que realiza Boshel y Neild 1976, en la generación del índice térmico se consideró como valores óptimos para todo el ciclo del cultivo la temperatura de 30 °C y 18 °C designándose calificaciones a las temperaturas máximas y mínimas mensuales a una escala de 0 a 5 (Tabla 1). Para definir la adaptabilidad de los cultivos respecto a la eficiencia térmica se utilizó el criterio que usaron Arteaga

---

<sup>3</sup> Maestros en Ciencias. Profesores Investigadores. Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma de Chapingo, México. C.P. 56230

y Vázquez 1994 (Tabla 2), en la zonificación agroecológica la cual forma parte de un estudio integral para el sur de Sinaloa, editados por Perales y Fregoso, 1994. Una vez obtenida la eficiencia térmica para cada estación (Tabla 3) y definida la adaptabilidad, se procedió al trazo del mapa de isolíneas de ésta, así como la probabilidad de la temperatura del mes más caliente.

Tabla 1. Valoración agroclimática de la temperatura para el aguacate.

Intervalos de temperatura máxima °C	Calificación por temperatura máxima	Intervalos de temperatura mínima °C	Calificación por temperatura mínima
>38	0	>22	0
36 - 37.9	1	21 - 21.9	1
34 - 35.9	2	20 - 20.9	3
32 - 33.9	4	19 - 19.9	4
29 - 31.9	5	17 - 18.9	5
27 - 28.9	4	16 - 16.9	4
24 - 26.9	3	15 - 15.9	3
21 - 23.9	2	12 - 14.9	2
18 - 20.9	1	< 12	1
<18	0		

Tabla 2. Criterios para la clasificación de áreas de acuerdo a los valores de eficiencia térmica (ET).

ET (intervalo), en %	Aptitud Agroclimática	Categoría
<25	No apta	Marginal
25 - 50	Marginalmente apta	Regular
50 - 75	Apta	Buena
>75	Muy Apta	Excelente

Tabla 3. Índice térmico total para el aguacate (Antillano) en 14 estaciones de la zona central de Venezuela.

ORDEN	NOMBRE	ALTITUD	Puntaje por temperatura a máxima	Puntaje por temperatura mínima	Puntaje térmico total anual	Eficiencia térmica %
1	EMBALSE DE CAMATAGUA	330	50	24	74	61.66
2	SAN CASIMIRO	478	60	49	109	90.83
3	EL CORTIJO	490	58	56	114	95.00
4	MARACAY	455	56	50	106	88.33
5	OCUMARE DE LA COSTA	15	47	14	61	50.83
6	LA ESPERANZA	410	56	27	83	69.16
7	CAGUA	1509	36	44	80	66.66
8	LAS MINAS	375	52	28	80	66.66
9	EL CAMBUR	80	42	21	63	52.50
10	LOS AGUACATES	467	41	13	54	45.00
11	VALENCIA	470	45	22	67	55.83
12	MANUARE	640	53	6	58	48.33
13	MIRANDA	2063	36	32	68	56.66
14	PUERTO CABELLO	16	49	35	84	74.00

La evaluación agroclimática por precipitación se efectuó a través de balances hídricos considerando las deficiencias y excesos de agua en el suelo, ya que de acuerdo a lo reportado en la literatura por Avílan et al.,1997, excesos de precipitación durante el período de floración y fructificación reducen la producción y calidad de los frutos. Definido el balance, se determinaron cuadros de deficiencias y excesos (Tabla 4) y se realizó la cartografía de éstos. Los diferentes grados de aptitud climática para aguacate en el área de estudio quedaron establecidas por la integración de áreas correspondientes a los mapas de eficiencia térmica, índices térmicos e índice hídrico.

Tabla 4. Resumen de los déficit y excesos totales anuales así como los excesos totales de las décadas 20 a la 36 para el cultivo del aguacate en 14 estaciones meteorológicas de la zona central de Venezuela.

Estación	Total déficit	Total exceso	Total exceso (década 20 a l a36)
Embalse de camatagua	305.7	312.6	283.4
San casimiro	309.2	180.6	166.8
El cortijo	242.1	173.0	138.4
Maracay	87.5	294.2	227.5
Ocumare de la costa	176.2	575.5	455.1
La esperanza	266.4	219.4	187.5
Cagua	0	834.9	473.7
Las minas	2.5	1062.4	732.8
El cambur	101.1	273.8	239.7
Los aguacates	107.6	620.4	491.1
Valencia	169.4	355.1	300.4
Manuare	124.7	908.4	588.9
Miranda	1.7	920.4	479.6
Puerto cabello	154.1	498.6	389.1

Con el fin de determinar la zonificación agroecológica para el cultivo del aguacate en la zona central de Venezuela, fue necesario considerar además de la aptitud climática, las condiciones edáficas que permitan el desarrollo del aguacate, por lo que se procedió a definir la aptitud edáfica para el cultivo del aguacate en el área de estudio, de acuerdo a las características de las unidades de suelo presentes en la zona y los requerimientos edáficos del cultivo. Se utilizó la información proporcionada por el departamento de suelo del CENIAP-IIRA, para el área de estudio. Además de los estudios de suelo realizados por la (FAO/UNESCO 1971), compilados en el mapa mundial de suelo. Para dicho análisis se consideraron las características de la textura, salinidad y pH de las unidades de suelo, debido a que éstas, son las que mayor influencia presentan en la limitación edáfica para la adaptabilidad del cultivo. Efectuados los análisis por clima y suelo, se procedió a localizar cartográficamente las áreas por aptitud climática y edáfica que al integrarlas, generó el mapa

de aptitud agroecológica para aguacate en la zona central de Venezuela.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Debido a que en la revisión de literatura realizada se encontró que la mayoría de los autores consultados no presentan una información particularmente específica para cada etapa de desarrollo del cultivo de aguacate a continuación se indica un resumen de los requerimientos agroecológicos para dicho cultivo y se presenta de la manera siguiente: La temperatura óptima entre 18 - 30 °C, temperatura máxima no mayor de 35°C, acumulación térmica en grados días entre 2164 - 3554 °C, requerimientos de precipitación entre 665 - 2000 mm/año, altitud óptima oscila entre 0 - 500 msnm, la humedad relativa que soporta va desde 60 hasta 70%, profundidad prefiere por lo menos de 1.0 a 1.5 m, textura prefiere suelos francos de textura media, es decir franco limosos, franco arenoso, aunque también se adapta a suelos arenoso-arcilloso y areno-limoso, el pH óptimo oscila entre 5.5 - 6.5 tiene un rango de adaptación desde 5.5 hasta 7.0, contenido de sales, es muy susceptible a los altos contenido de sales.

En el área de estudio, el valor promedio de temperatura máxima para el mes de marzo el cual resultó ser el mes más caliente es de 32.5°C, fluctuando desde 25.4°C en cagua, hasta 36.2°C en el cambur. Al comparar estos valores con los índices y criterios para definir áreas de adaptación para el aguacate, se puede decir que desde el punto de vista térmico (temperatura máxima), el cultivo presentará problemas al ocurrir temperaturas mayores a 35°C.

La eficiencia térmica (ET) calculada a partir de los datos de 14 estaciones para el cultivo de aguacate se presenta en la tabla 3. Los valores obtenidos oscilan entre 95 y 45 de eficiencia térmica correspondientes a las estaciones el cortijo y los aguacates. La mayoría de las estaciones presenta una eficiencia térmica por encima de 50% y solo 3 de ellas tienen valores inferiores que las define como áreas que no llenan los requerimientos térmicos para un desarrollo normal del cultivo. Estas estaciones son ocumare de la costa, los aguacates y manuaire. Para definir la adaptabilidad del cultivo del aguacate respecto a la eficiencia térmica, éstos se clasificaron de acuerdo al criterio que se presenta en la tabla 2. En el área de estudio existen zonas con condiciones térmicas para el aguacate muy apta, aptas y marginalmente aptas para el desarrollo del mismo de acuerdo al criterio ya mencionado. En el área de estudio la parte suroeste en donde se encuentra la zona marginalmente apta, y en toda la región central del noreste y sureste se encuentra la zona apta, en toda el área de estudio no existen partes no aptas para el cultivo del aguacate en cuanto a eficiencia térmica se refiere.

El cálculo del balance hídrico agrícola seriado se realizó con el objetivo de conocer los déficit

y excesos hídricos decadales y anuales, para determinar cuales de las zonas que resultaron aptas y muy aptas en cuanto a factores térmicos y edáficos para el cultivo de aguacate necesitan aplicación de riego durante una época del año. Mediante el proceso de interpolación se realizó un mapa de isolíneas de déficit y excesos hídricos totales anuales en mm y excesos hídricos totales de las décadas 20 a la 36 (período donde ocurre la floración). De acuerdo a los valores obtenidos de excesos hídricos totales de las décadas 20 a la 36 se realizó la categorización Tabla 5.

Tabla 5. Criterios para la clasificación de áreas de acuerdo a los valores de excesos hídricas de las décadas 20 a la 36 presentadas en el área de estudio.

Excesos (intervalo mm)	Aptitud agroclimática	Categoría
150 - 300	Muy apta	Excelente
300 - 450	Apta	Buena
450 - 600	Marginalmente apta	Regular
> 600	No apta	Mala

El análisis edáfico se realizó en base a las características del suelo que limitan el buen desarrollo de cultivo en estudio. Considerándose en dicho trabajo de mayor importancia la textura, pH y salinidad.

En el área de estudio el pH va desde 5.7 a 8.1, lo pH más alcalinos se encuentran hacia la parte suroeste de la zona de estudio y en la parte oeste los pH más ácidos, pudiéndose mejorar estos pH o llevarlos a un condición adecuada para el cultivo del aguacate a través de prácticas agrícolas tales como el encalado y fertilización con residuos ácidos respectivamente, sugeridas estas prácticas no fue de gran relevancia dicha característica de suelo para el estudio, por lo que no fue necesario acentuarse en la categorización. En el caso de salinidad resultó que para toda el área no van a existir problemas por salinidad los valores van de 0.04 a 0.38 mmhos/cm y el cultivo de aguacate es tolerante a concentraciones de salinidad hasta de 3 mmhos/cm y por lo que obviamente la zona de estudio no va a presentar problemas y por lo que no fue necesario realizar la categorización. En cuanto las texturas la zona en general presenta texturas medias los cual se considera adecuada para el cultivo del aguacate.

La zonificación agroecológica consistió en sobreponer a la unidad cartográfica de probabilidad de temperatura máxima para el mes de marzo, eficiencia térmica y excesos para las décadas 20 a la 36, cada unidad fue caracterizada primeramente a una cierta categoría de adaptabilidad por clima, se consideró la categoría más limitante para definir la clase de adaptabilidad final para el cultivo, llegándose a definir cuatro categorías de aptitud: Muy Apta, Apta,

Marginalmente apta, No apta. Dichas categorías quedaron definidas por el factor climático, debido a que se considero que el factor edáfico no obtuvo ningún tipo de limitante para el estudio.

## CONCLUSIONES

Se definieron los requerimientos agroecológicos para el cultivo del aguacate, mismos que sirvieron de base para realizar su zonificación; lográndose con esto el objetivo base del trabajo.

La estructura metodológica para realizar la zonificación agroecológica, se adapta a la información climática y edáfica disponible en la zona de estudio y se logro elaborar la zonificación propuesta con una precisión aceptable; sin embargo para elevar la precisión de ésta habrá que hacer estudios más detallados de suelos y un análisis climático en períodos de tiempo más cortos.

En los mapas de zonificación agroecológica elaborados fue posible diferenciar áreas con cuatro categorías de aptitud agroclimática para el cultivo del aguacate, esta jerarquización permitió seleccionar áreas y constituye de alguna manera una alternativa para mejorar los programas de producción agrícola, complementados con la experiencia y con investigación de campo. El principal factor limitante desde el punto de vista climático lo constituye el régimen térmico; principalmente las altas temperaturas, ya que como se indica los valores de temperaturas máximas (mayores a 35 °C) causan serios daños a la fecundación y al cuajado.

## BIBLIOGRAFIA

- AVILAN, L.F.; LEAL y BAUSTITA. El Aguacatero (Principios y Técnicas para su producción). Editado por Espasande S.R.L. Venezuela. 1997.
- BARBEAU, F. The production and market of avocado. Tropical fruits Newsletter, 3:8, 1992.
- BOSHELL, F.; and NEILD, R.. An Agroclimatic Procedure and Survey of the Pineapple Production Potential of Colombia. Agri., Meteorology, 1976.
- FAO/UNESCO. Mapa mundial de suelos. 1:5000000. Vol. I, Leyenda. UNESCO-París. 60p, 1971.
- PERALES, R. M.; FREGOSO, L. E; Desarrollo sostenible de los agroecosistemas del sur de Sinaloa. Universidad autónoma Chapingo. 1era Edición, México, 1994.
- ROMO G. J. y ARTEAGA R. R. Meteorología Agrícola. 2da Edición. Universidad Autónoma de Chapingo, 1989.
- ROMO, G. J. Detección de áreas potenciales para el cultivo de la piña (Ananas comosus (L) Merr.), en el estado de Puebla por medio de una estructura metodológica de caracterización agroclimática. In: Seminario Otoño 1984. Centro de Hidrociencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos. México, 1984.