



FIDECITRUS
FIDEICOMISO PARA EL DESARROLLO
DE LA ZONA CITRÍCOLA

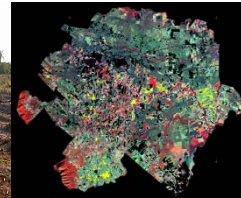
Desarrollo de un Modelo para la Estimación de la Producción de Cítricos Dulces en las Zonas Citrícolas de los Estados de Nuevo León y Tamaulipas

Dr. Juan I. Valiente Banuet

Valencia, Venezuela., 25 de octubre 2009

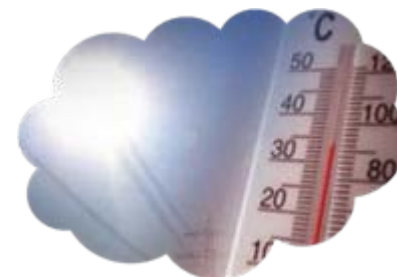


RIAC Red InterAmericana de Citricos
InterAmerican Citrus NETWORK IACNET



Estimación de la productividad citrícola en función de variables edafológicas y meteorológicas

- El objetivo es cuantificar los factores que intervienen en la producción individual de los huertos en la región citrícola de Nuevo León (norte de México).
 - Factores que intervienen en la producción
 - Factores intrínsecos del cultivo
 - Factores fenológicos
 - Factores meteorológicos
 - Características edafológicas de la región
 - Presencia de plagas y enfermedades



¿Cómo se está abordando el proyecto?

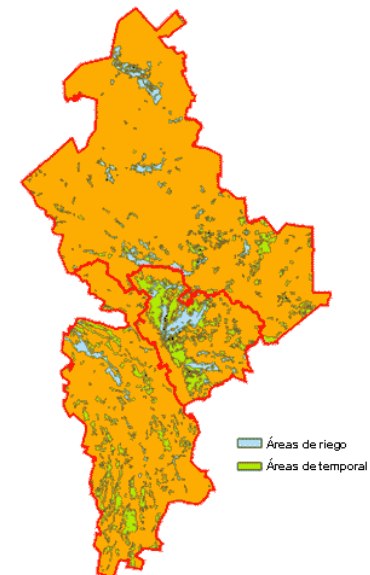
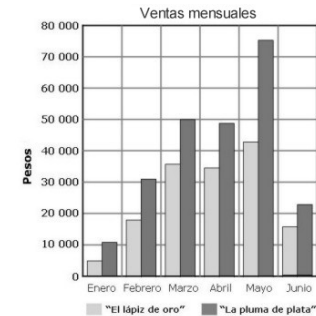
- a. Información histórica y de cultivo
- b. Información climatológica histórica
- c. Información Edafológica



a. Información histórica y de cultivos

Información Histórica de Productores

- Recopilación de información de huertos y lotes
 - Información de producción histórica
 - Información de niveles tecnológicos utilizados en la producción.
- Se ha recopilado la información mediante entrevistas a productores cooperantes de: Linares, Hualahuises, Allende, General Terán, Montemorelos y El Barretal
- Entrevistas enfocadas a contar con información de los lotes de producción.



b. Información Climatológica Histórica

- Recopilación de información climatológica histórica:
 - La información se obtuvo de la Comisión Nacional del Agua de Nuevo León de los últimos 10 años y de 3 años de las estaciones de la Fundación Produce.
 - Información diaria de temperaturas y precipitaciones, que se tomó de 17 estaciones diferentes.
- La información meteorológica obtenida consiste en:
 - Temperatura máxima
 - Temperatura mínima
 - Precipitación pluvial a nivel diario

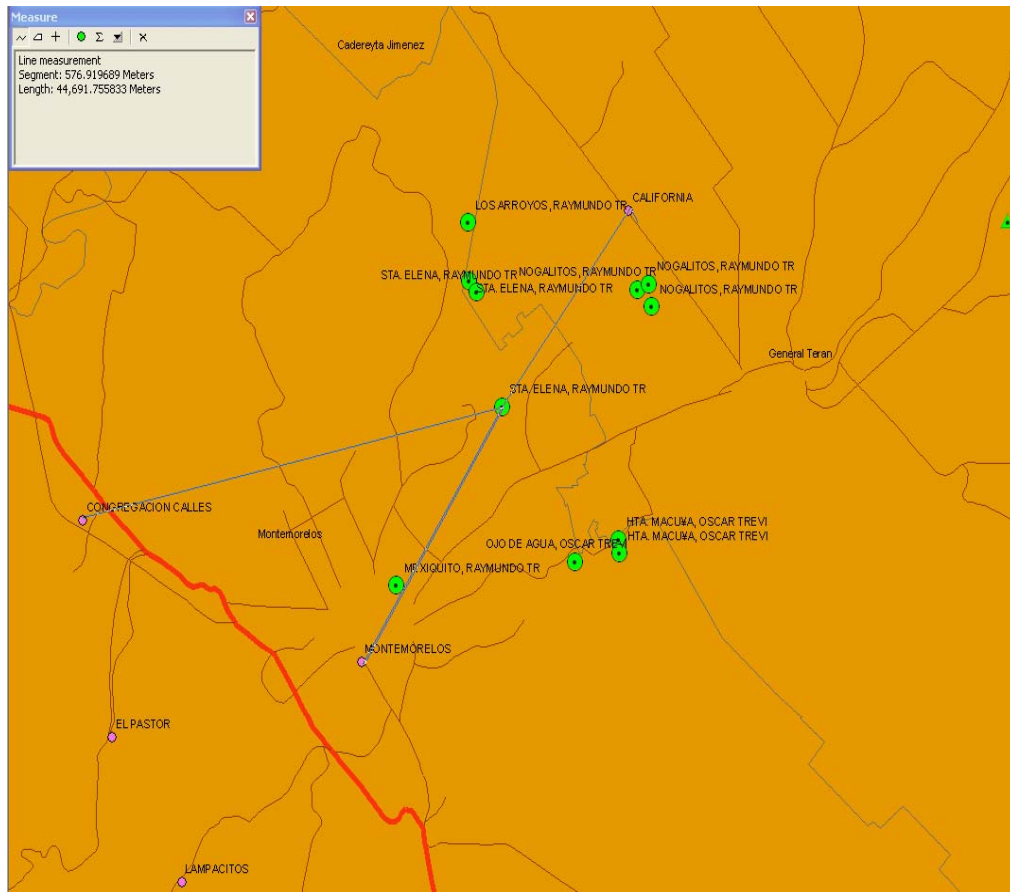
Generador del Clima

- Para el desarrollo del modelo es necesario contar con información meteorológica a nivel horario y debido a que las estaciones de la CNA reportan la información a nivel diario fue necesario desagregar los datos diarios a nivel horario mediante el uso de un generador de clima.
- El generador de clima se desarrolló simulando el comportamiento típico diario de las temperaturas de la región.
- El generador se aplicó a la totalidad de años y estaciones obteniendo así la información meteorológica por hora.

Georreferenciación de la Información

- La ubicación de las huertas y de los lotes se determinó utilizando
 - ▣ Información catastral de las huertas
 - ▣ Sistemas de registro de trampas de Mosca de Sanidad Vegetal
 - ▣ Imágenes de satélite del sistema *Google Earth*.
- Mediante estas imágenes y registros se ubicaron las huertas.

Triangulación de la huerta



- Una vez determinada la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas y de las huertas fue posible determinar las tres estaciones más próximas a cada uno de los lotes en producción utilizando ArcMap.
- La información meteorológica de las huertas fue estimada utilizando la información de las estaciones más cercanas a los lotes y sus distancias.
- Se realizó mediante el trazo de un “triángulo” partiendo de la huerta como centro.

Fig. 3 Ejemplo de una triangulación

Triangulación de información meteorológica

- La información meteorológica calculada de los lotes se determinó siguiendo una fórmula, que le da más “peso” a la información meteorológica de la(s) estación(es) más cercanas y corrige en función de los datos de la(s) estación(es) restante(s).

$$T^{\circ} \text{ Prom. Huerta} = \sum \left[-\left[\frac{D_a}{D_t} - \frac{D_t}{2} \right] (T_a) - \left[\frac{D_b}{D_t} - \frac{D_t}{2} \right] (T_b) - \left[\frac{D_c}{D_t} - \frac{D_t}{2} \right] (T_c) \right]$$

- Ta: Temperatura Promedio en el Punto A
- Tb: Temperatura Promedio en el Punto B
- Tc: Temperatura Promedio en el Punto C
- Da: Distancia de la huerta a la estación A
- Db: Distancia de la huerta a la estación B
- Dc: Distancia de la huerta a la estación C
- Dt: Distancia Total

Sistematización y Generación de Base de Datos

- Se desarrolló una base de datos que ordena, sistematiza e incluye todos los parámetros de la base de datos.
- Con esto se realizaron relaciones entre variables de acuerdo a procedimientos estadísticos como la Regresión Lineal Multiple Escalonada (stepwise multiple regression analysis).

La base de datos obtenida incluye los parámetros:

- Lote
- Superficie
- Variedad
- Patrón
- Espaciamiento
- Edad promedio de los árboles
- Fecha de cosecha
- Sistema de riego
- Fertilización
- Año
- Producción
- Número de árboles
- Ubicación
- Precipitación mensual
- Número de horas por rangos de temperatura de 5°.
 - Ej. 0-5°, 5-10°, 10-15°, etc.

Modelo desarrollado

- La estructura general del modelo puede ser descrita por la siguiente relación:

$$P_j = P_j(\Theta_j, \Omega_j) \quad j = Valencia, Toronja, Temprana, Mandarina$$

Donde P es la producción anual en toneladas del cultivo j , Θ es un vector de variables meteorológicas y Ω es un vector de variables edafológicas.

Resumen metodología

- El modelo para la predicción de producción anual queda expresado como:

$$P_{j,i} = \alpha_{0,j} + \alpha_{1,j}P^*_{j,i} + \sum_k \alpha_{k,j}\Theta_{k,j,i} + \sum_m \alpha_{m,j}\Omega_{m,j,i} + \varepsilon_{j,i}$$

$j = Valencia, Toronja, Temprana, Mandarina$

Donde:

$P_{j,i}$ = producción anual para la huerta i del cultivo j (toneladas)

$\alpha_{0,j}$ = coeficiente constante para el cultivo j

$P^*_{j,i}$ = producción anual rezagada un año para la huerta i del cultivo j

$\alpha_{1,j}$ = coeficiente para P^* del cultivo j

$\Theta_{k,j,i}$ = vector de k variables meteorológicas para la huerta i del cultivo j

$\alpha_{k,j}$ = coeficiente para la variable k del vector Θ del cultivo j

$\Omega_{m,j,i}$ = vector de m variables edafológicas para la huerta i del cultivo j

$\alpha_{m,j}$ = coeficiente para la variable m del vector Ω del cultivo j

$\varepsilon_{j,i}$ = error de predicción para la huerta i del cultivo j

Resumen metodología

- Para eliminar problemas de multicolinealidad y de selección de variables el modelo se estimó a través de dos métodos :
 - *Método 1 (M1):*

Eliminar variables de rangos de temperaturas consecutivas muy correlacionadas entre sí. Cuando un par de variables presenta un correlación superior a .9, se elimina aquella que tenga un correlación menor (en valor absoluto) con la producción anual. Para la estimación a través de este método se modifican los rangos de temperaturas para los meses de noviembre, diciembre y enero de las 4 variedades, calculando un único rango que agrupe el total de horas entre los 5°C y los 20°C.
 - *Método 2 (M2):*

Reducción de la cantidad de variables de precipitación mensual y de rangos de temperatura a través de un análisis de componentes principales (ACP). Esta técnica reduce la dimensión de la información al mismo tiempo que eliminan los problemas de multicolinealidad. El ACP reexpresa la información creando nuevas variables (factores) que explican un porcentaje elevado de la variabilidad observada en la información original. Además de que la cantidad de nuevas variables es menor que la cantidad original, esta técnica tiene la propiedad de que cada nuevo factor es ortogonal a los demás (independiente), lo que descarta el problema de multicolinealidad que pudiera existir en la información. Los nuevos factores son combinaciones lineales de las variables originales.

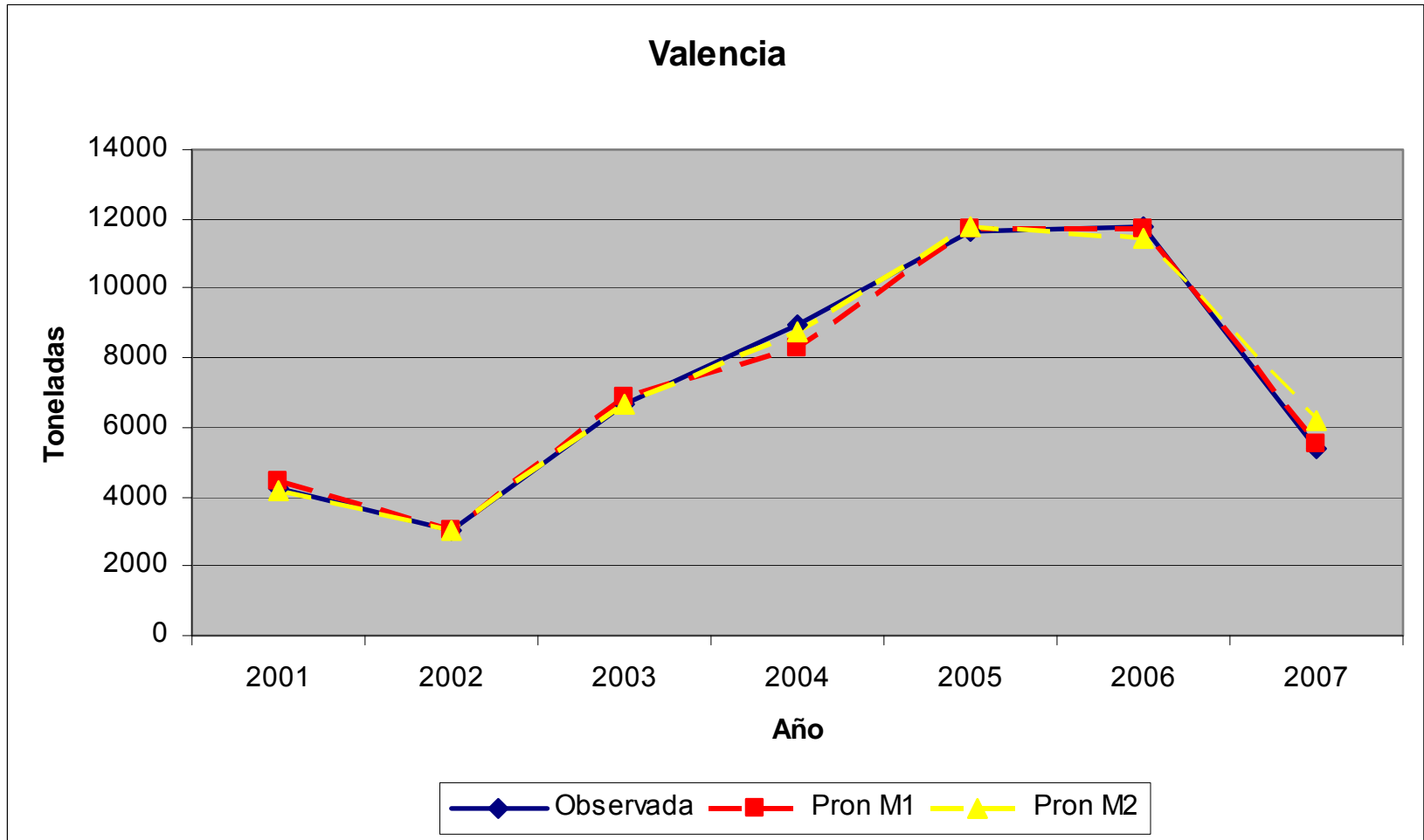
Ejemplo: Modelo Valencia

Cultivar: Valencia M1

Variables	Coeficiente	Error estándar	Estadístico T	Probabilidad	VIF	Errores estándar consistentes con heteroscedasticidad de White		
						Error estándar	Estadístico T	Probabilidad
Constante	-94.03	60.28	-1.56	0.120		62.03	-1.52	0.131
Producción*	0.51	0.05	11.15	0.000	3.34	0.07	6.77	0.000
Superficie	6.70	0.85	7.93	0.000	2.34	1.60	4.19	0.000
Nitrógeno FN1	0.01	0.00	2.28	0.024	2.11	0.01	1.50	0.136
T.Feb(20-25)	2.07	0.35	5.84	0.000	2.41	0.32	6.39	0.000
T.Feb(25-30)	1.62	0.27	5.90	0.000	3.63	0.27	6.07	0.000
T.Abr(20-25)	-0.87	0.31	-2.83	0.005	2.53	0.31	-2.81	0.005
T.May(10-15)	4.63	0.55	8.47	0.000	2.23	0.59	7.89	0.000
T.Jun(10-15)	-11.28	2.55	-4.42	0.000	1.53	2.54	-4.44	0.000
T.Jul(35-40)	-0.96	0.15	-6.25	0.000	2.66	0.14	-6.99	0.000
T.Sep(0-5)	74.82	14.36	5.21	0.000	1.38	14.81	5.05	0.000
T.Oct(0-5)	9.74	3.42	2.85	0.005	2.36	3.46	2.82	0.005

*Variable correspondiente al año anterior

Valencia: Ajuste del modelo a nivel regional



Qué sigue?

- Desarrollo de software para capturar la información meteorológica en tiempo real
- Programa de captura continua de la información de producción para mejorar la regresión
- Evaluar el software en otras regiones productoras
 - Veracruz
 - Otra región productora
- Fortalecer el programa con información de otras regiones productoras