



**FACULTAD DE INEGIERIA**

**“MODELADO ANALÍTICO PREDICTIVO PARA LA  
PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES AGRÍCOLAS”**

**INVESTIGADORES:**

Marlene R Paredes Jacinto

Miguel Arturo Valle Peláez

María Pérez Campomanes

Confesor Saavedra Quezada

Sandoval Gonzales Arturo

Chimbote, Diciembre del 2017

## INDICE

PALABRAS CLAVES	
TITULO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
Antecedentes Y fundamentación Científica	
Justificación	
Problema	
Operacionalización de Variables	
Hipótesis	
Objetivos	
METODOLOGIA	
RESULTADOS	
ANLISIS Y DISCUSION	
CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

## **PALABRAS CLAVES**

<b>TEMA</b>	<b>MODELADO ANALÍTICO PREDICTIVO</b>
<b>ESPECIALIDAD</b>	<b>INGENIERIA DEL SOFTWARE</b>

## **KEYWORDS**

<b>TOPIC</b>	<b>PREDICTIVE ANALYTICAL MODELING</b>
<b>SPECIALTY</b>	<b>SOFTWARE ENGINEERING</b>

## **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

04 TRANSVERSALES DEL CONOCIMIENTO

04030501: Investigación y desarrollo para mejorar la calidad del software.

## **TÍTULO**

“Modelado Analítico Predictivo para la prevención de enfermedades agrícolas”

## RESUMEN

La investigación se realizó en el campo experimental San Luis, en Nuevo Chimbote. El propósito fue contar con información para la prevención del hielón (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) utilizando datos que la estación meteorológica con lo que cuenta USP, específicamente la escuela de ingeniería agrónoma.

Se trabajó en dos parcelas divididas de 2 000 m<sup>2</sup> donde se realizó el manejo agronómico del cultivo de papa, en una parcela se aplicó la información que la estación meteorológica brinda y en la otra parcela, se desarrolló el trabajo de manera artesanal, según el conocimiento de los agricultores.

Se logró realizar un Sistema Informático basado en alertas, el cual nos indica con exactitud en que momento se debe realizar las aplicaciones de químicos, según sean las condiciones apropiadas para la multiplicación del hongo (*Phytophthora infestans*) y así mismo se cuenta con un mensaje de advertencia para que el productor pueda programar su manejo de control de la enfermedad.

## **ABSTRACT**

The research was conducted in the experimental field San Luis, in Nuevo Chimbote. The purpose was to have information for the prevention of late blight (*Phytophthora infestans*) in the potato crop (*Solanum tuberosum*) using data from the meteorological station with what USP has, specifically the school of agronomic engineering.

Work was carried out on two plots of 2 000 m<sup>2</sup> where the agronomic management of the potato crop was carried out, in one plot the information from the meteorological station was applied and in the other plot, the work was developed in an artisanal way, according to the knowledge of the farmers.

It was possible to create a computer system based on alerts, which indicates exactly when chemical applications should be made, depending on the appropriate conditions for the multiplication of the fungus (*Phytophthora infestans*). Warning so that the producer can program their management of disease control.

## INTRODUCCION

De los antecedentes encontrados, se ha abordado los trabajos más relevantes a esta investigación, como el de:

Mesa, V; Mideros, M. y otros (2008), que avocaron su investigación sobre la gota o tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* es una de las enfermedades más limitantes en diversos cultivos de solanáceas en el mundo. Este patógeno es especialmente problemático en las zonas andinas altas, donde dichos cultivos se desarrollan bajo condiciones de alta humedad y siembra continua durante todo el año. El objetivo de este trabajo fue aumentar la información disponible sobre la biología de *P. infestans*, especialmente con respecto a su variabilidad genética en el suroeste de Colombia.

**Morales, J. (2015)**, en la universidad Mayor de San Marcos se desarrolló la investigación sobre la conexión de una red de estaciones meteorológica, las que se conectaron vía el internet y se registró los datos de cada estación logrando difundir los datos para los agricultores de la zona. El modelo matemático aplicado se combinó con la parte estadística logrando proyecciones que ayuda a estimar una producción en relación con el clima.

La fundamentación científica de la presente investigación está basada en el hiel o rancho que es una de las enfermedades más importantes del cultivo de papa y que en muchos casos llega a diezmar los cultivos instalados, el productor agrícola ante esta amenaza siempre realiza un control preventivo gastando grandes cantidades de dinero, pero sin un criterio técnico debido a que no conoce la variación de las variables climatológicas. Esta enfermedad se presenta bajo condiciones de ciertas variables; entre 12-15°C de temperatura y cuando la humedad relativa este por encima del 80 %, caso contrario no se multiplica el hongo. Es por ello que la presente investigación busca encontrar una forma de alertar a los productores para que cuando se presente estas condiciones recién realicen sus controles y no gasten recursos en eventos que no se presentarían. Así mismo se aplicaron los conocimientos de los modelos analíticos predictivos y del modelo de los semáforos

Por otro lado, la investigación se justifica; desde el punto de vista del conocimiento, porque se aplicaron técnicas de control para programar las alarmas según los indicadores de las variables atmosféricas, en la aparición y multiplicación del hongo en la plata de

papa; así mismo desde el punto de vista social con esta investigación se verán beneficiados los agricultores y de manera implícita los consumidores de dichos productos.

Frente a la necesidad de que los agricultores cuenten con información para prevenir la enfermedad del hiello, es que se plantea el problema de manera interrogativa: ¿Con la aplicación del Modelado Analítico Predictivo en la Prevención De Enfermedades Agrícolas permitirá detectar el hiello (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)?

Frente al problema planteado identificamos las variables, las que conceptualizaremos:

### **Modelo Analítico Predictivo:**

La analítica predictiva es una forma de análisis avanzado que utiliza datos nuevos e históricos para predecir la actividad futura, el comportamiento y las tendencias. Implica la aplicación de técnicas de análisis estadístico, consultas analíticas y algoritmos automáticos de aprendizaje automático a conjuntos de datos para crear modelos predictivos que sitúen un valor numérico o puntuación en la probabilidad de que ocurra un evento particular.

### **Phytophthora infestans:**

Es un protista fungoide de la clase Oomicetes parásito de las plantas que produce una enfermedad conocida como tizón tardío o mildiu de la papa o patata. Es la enfermedad más seria en el cultivo de la papa en el mundo. Afecta hojas, tallos y tubérculos y se dispersa rápidamente pudiendo abarcar grandes superficies cuando las condiciones climáticas son favorables. Numerosas han sido las investigaciones encaminadas al estudio de las características de estas especies, su morfología y fisiología, su ubicación taxonómica, su epidemiología y medidas de control y sin embargo actualmente los hongos del género *Phytophthora* continúan siendo un problema fitosanitario.

### **Solanum tuberosum**

Tubérculo domesticado en el Perú hace más de 6000 años alrededor del Lago Titicaca, lugar donde se encuentra la mayor diversidad de las 200 especies silvestres que existen, y que juegan un rol clave para obtener nuevas variedades. Existen 9 especies nativas cultivadas, asimismo en la colección mundial de papa 3500 variedades diferentes. Las sociedades andinas domesticaron y cultivaron la papa adaptándolas a los distintos tipos de climas: templados, fríos y helados. Ello permite que se produzcan papas encima de los

4000 msnm, en casi todos los pisos ecológicos del mundo. Hoy día la papa es uno de los cultivos más importantes en el mundo y provee más alimento que la producción total de pescado y carne.

Nombre científico: *Solanum tuberosum*, *Solanum andigenum*

Familia: Solanáceas

Nombres comunes: Papa, papa blanca, acshu en quechua; otros nombres en quechua ch'úñu, q'áchu (papa helada), moraya ( papa deshidratada blanca), waña (papa amarga).

Descripción botánica: Es una planta anual, herbácea, con tallos de hasta 85 cm. de altura. Con flores de color blanco y morado, con pistilo en forma de botella. Sus hojas son compuestas. Tiene tubérculos, conocidos como papas, que se originan en los extremos de las raíces fibrosas y ramificadas, estos tubérculos presentan colores y tamaños variados, pudiendo ser redondos, ovalados o cilíndricos. El fruto de esta planta es una baya carnosa color verde o amarillento que contienen muchas semillas.

Piso ecológico: Esta planta crece desde el nivel del mar hasta los 4000 msnm. Hoy su cultivo se ha extendido en todo el mundo gracias a los esfuerzos de domesticación y adaptación hecho por los antiguos peruanos.

Antecedentes históricos: La papa es oriunda de los Andes peruanos y fue uno de los principales alimentos de las culturas prehispánicas tal es el caso de la Cultura Wari, donde fue representada en forma naturalista en su arte textil. La papa fue domesticada hace 6000 años, por los habitantes andinos haciéndola comestible. Se han encontrado evidencias de papa pertenecientes al Periodo Formativo en el lugar llamado Chiripa cerca al lago Titicaca en Puno. ´En el Imperio incaico el tiempo se podía medir de acuerdo a lo que tardaba la papa en cocinarse, esto podría considerarse exagerado hoy día, sin embargo, es una metáfora que señala que este alimento se le comparaba con el tiempo´. La papa también fue usada con fines ceremoniales y fue enterrada junto con los muertos. El cultivo de la papa se consideró sagrado, por ello su siembra, se rotaba cada siete años, así se aseguraba una cosecha abundante, evitando el desgaste de la tierra. La papa se dio a conocer al mundo de occidente recién en el siglo XVI, hoy su cultivo se ha extendido a todo el mundo existiendo más de 6000 variedades de papa adaptadas a casi todos los pisos ecológicos del planeta.

Consideramos los siguientes conceptos:

- a. **Climatología:** La climatología consiste en el estudio del clima, sus variaciones y extremos y su influencia en varias actividades, sobre todo (aunque no exclusivamente) en los ámbitos de la salud, la seguridad y el bienestar humanos. En sentido estricto, se entiende por clima las condiciones meteorológicas normales correspondientes a un lugar y período de tiempo determinados. El clima puede explicarse mediante descripciones estadísticas de las tendencias y la variabilidad principales de elementos pertinentes, como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos, o mediante combinaciones de elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos, que son característicos de un lugar o región, o del mundo en su conjunto, durante cualquier período de tiempo.
- b. **Estación Meteorológica Automatizada:** Una estación meteorológica automatizada es una estructura o dispositivo dotado con sensores que responden a estímulos electrónicos, que tienen la capacidad de registrar y coleccionar información meteorológica en forma automática y en tiempo real, que permiten monitorear la variación de la temperatura del aire, humedad relativa, radiación solar, humedad foliar, dirección y velocidad del viento, lluvia, humedad relativa, temperatura del suelo, presión atmosférica, entre otras.

**c. variables meteorológicas**

Los sensores con los que cuentan las estaciones realizan ediciones de las siguientes variables:

- **Temperatura del aire:** La temperatura es la medida del contenido de calor de un cuerpo o del medio ambiente. El calor equivale a la energía calorífica que contiene. Se mide con el sensor denominado termómetro y se expresa en grados centígrados (°C).
- **Precipitación pluvial:** La precipitación es la caída directa de gotas de agua o de cristales de hielo sobre la superficie terrestre. La cantidad de precipitación se mide en milímetros (mm) con el sensor llamado pluviómetro
- **Humedad ambiental:** Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta o de forma relativa denominándose humedad relativa o grado de humedad. Normalmente se emplea la segunda y se expresa como porcentaje (%) respecto

a un ambiente saturado. La humedad relativa se mide normalmente con un sensor llamado psicrómetro

- Radiación solar: Es el flujo de energía que se recibe del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Es medida en calorías por centímetro cuadrado por minuto o por día ( $\text{cal/cm}^2/\text{día}$ ) o en Watts por metro cuadrado ( $\text{W/m}^2$ ) con el sensor denominado piranómetro.
- Velocidad del viento: El viento es definido como "el aire en movimiento" y se describe por dos características: la velocidad y la dirección. El instrumento que se usa para medir la velocidad del viento se llama anemómetro. Se mide en unidades  $\text{m/s}$  o  $\text{km/hr}$ .
- Dirección del viento: Se llama dirección del viento al punto del horizonte de donde viene o sopla. Para distinguir la dirección se le aplica el nombre de los principales puntos cardinales o grados de azimut con respecto al Norte Magnético. El instrumento que se usa para medir la dirección es la veleta. Se expresa en grados de azimut o puntos cardinales N, S, E, W, NE, NW, SE, SW.
- Humedad de las hojas: Esta variable que registran las estaciones se refiere a la humedad que se encuentra en la superficie de las hojas, ya sea por formación de rocío o por lluvia. Se mide en unidades del 0 al 10.

**d. El cambio climático puede golpear a la agricultura en diversas formas**

El cambio climático a largo plazo, en particular el calentamiento del planeta, podría afectar a la agricultura en diversas formas, y casi todas son un riesgo para la seguridad alimentaria de las personas más vulnerables del mundo:

- Sería menos previsible el clima en general, lo que complicaría la planificación de las actividades agrícolas.
- Podría aumentar la variabilidad del clima, ejerciendo más presión en los sistemas agrícolas frágiles.
- Los extremos climáticos –que son casi imposibles de prever- podrían hacerse más frecuentes.
- Aumentaría el nivel del mar, lo que sería una amenaza para la valiosa agricultura de las costas, en particular en las islas pequeñas de tierras bajas.

- La diversidad biológica se reduciría en algunas de las zonas ecológicas más frágiles, como los manglares y las selvas tropicales.
- Las zonas climáticas y agroecológicas se modificarían, obligando a los agricultores a adaptarse, y poniendo en peligro la vegetación y la fauna.
- Empeoraría el actual desequilibrio que hay en la producción de alimentos entre las regiones templadas y frías y las tropicales y subtropicales.
- Se modificaría espectacularmente la distribución y cantidades de pescado y de otros productos del mar, creando un caos en las actividades pesqueras establecidas de los países.
- Avanzarían plagas y enfermedades portadas por vectores hacia zonas donde antes no existían.



La Hipótesis que se planteo fue: La aplicación del Modelado Analítico Predictivo en la Prevención De Enfermedades Agrícolas permitirá detectar el hiello (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*)

El objetivo general que se planteó para la investigación fue: Aplicar el Modelado Analítico Predictivo en la Prevención De Enfermedades Agrícolas como el hiello (*Phytophthora infestans*) en el cultivo de papa (*Solanum tuberosum*). Para lograr el objetivo general planteamos los objetivos específicos:

- Analizar los datos registrados por la estación meteorológica
- Diseñar el algoritmo que identifica las variables y genere las alarmas
- Determinar los momentos críticos para la prevención de la enfermedad *P. infestans*
- Implementar un Sistema Informático basado en el modelo predictivo, que permita controlar la enfermedad.

# METODOLOGÍA

## 1.1. Tipo y diseño de investigación.

1.1.1. Tipo de Investigación: Experimental

1.1.2. Diseño de Investigación: Parcelas divididas

## 1.2. Población - muestra

### A. Población:

Estará conformada por 16 667 plantas en un área de 0,50 ha.

### B. Muestra:

Estará determinada por 6 666 plantas en u área de 2 000 m2

## 1.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Con las siguientes técnicas y herramientas se logró obtener la información requerida.

- **OBSERVACIÓN:** Para el desarrollo del presente trabajo, se usó la observación, ya que a través de ella se recolectó información y de esta manera los requerimientos para el desarrollo del sistema informático.
- **GUÍA DE OBSERVACIÓN:** El instrumento de la observación es la ficha de observación, que consiste en describir todo lo que se observa en una hoja, según las dos parcelas del experimento.

## 1.4. Metodología de Trabajo en el campo

- a) **Ubicación y Preparación del terreno:** Se utilizarán dos parcelas que están ubicados dentro de los ambientes de la Universidad San Pedro en San Luis, en Nuevo Chimbote. Ubicado las parcelas se procedió con la preparación del terreno, acondicionado con regadío por goteo, las parcelas contaron con agua según requerimiento. Esta tarea fue desarrollada durante los meses de febrero y marzo del presente año y estuvo a cargo del Ing. Confesor Saavedra.





## b) Preparación de la Semilla

**Densidad de siembra:** El distanciamiento entre surcos ha sido de 1,00m y 0,30 entre plantas con una densidad de 33 333,33 plantas. Por lo que se procedió a la adquisición de la semilla. Tarea realizada por el Ing. Confesor Saavedra.



**Tratamiento de la semilla:** La semilla utilizada, se ha considerado que debe ser la “perichola” de la categoría certificada proveniente del distrito de Huasahuasi provincia de Tarma departamento Junín. Por las características agroecológicas de la zona en estudio, y tomando como referencia la bibliografía consultada, las

variedades utilizadas para el presente trabajo de investigación. El tratamiento de la semilla se realizó de la siguiente manera:

- Se distribuye la semilla en sacos



- En un cilindro de 150 lts. Se aplica una solución de; 200 grs. de benlate más 1 pastilla de activol para el tratamiento de 1 000 Kgs. De semilla de papa



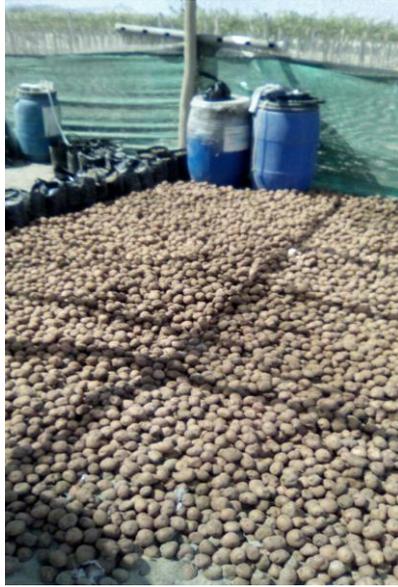
- En una malla de pescador se sumerge en la solución por un espacio de 5 minutos luego se deja escurrir y se pasa a la cama de brotamiento la misma que no debe tener una altura mayor de 20 cm.



- En la cama de brotamiento, se voltea la semilla cada 8 días y a los 15 días, en promedio, está apto para la siembra en terreno definitivo.



Se procedio a la supervicion de la semilla para el volteado y asi tener un secado uniforme



Esta tarea, fue realizada por la Ing Maria Perez, pero se tuvo un retraso por efecto del fenomeno del niño, variable que no se contemplo en el proyecto y que afecto la siembra programada.

c) Siembra de las semillas



d) Desarrollo de las Plantas



### 1.5. Metodología de Desarrollo del Modelo Analítico Predictivo

- a) **Definición del Problema:** Esta es la parte más crítica de los procesos de Modelamiento y tiene que ver con la capacidad de traducir el problema de negocio a un lenguaje analítico. Estadísticamente es la definición de la variable dependiente (a explicar) a partir de las variables independientes (explicativas). Por ejemplo: Si el negocio requiere vender más autos de gama baja, la solución propuesta será un Modelo Analítico que indique la propensión de que los clientes acepten comprar un auto de gama baja en los siguientes 30 días después de hacerle una oferta.
- b) **Selección de la Metodología:** La metodología analítica depende de cómo se ha definido la variable dependiente (problema de negocio) y de la información disponible para el proceso de modelamiento, la mayoría de los Modelos de Propensión futura son definidos como una variable de respuesta éxito/fracaso. Por ejemplo las propensiones de aceptación de un producto, incumplimiento de un crédito, asistir a un establecimiento comercial, hacer un fraude, tener un siniestro, adquirir una enfermedad, pagar un crédito, etc. Este tipo de problemas usualmente son resueltos utilizando los Modelos de Regresión Lineal Generalizados (Regresión Logística)
- c) **Muestreo y datos requeridos:** La técnica de muestreo busca tener representatividad de la información disponible de manera que los resultados tengan un nivel confianza máximo y un margen de error mínimo con el tamaño de muestra óptimo. Por ejemplo: Si lo que interesa es evaluar la propensión de un cliente a aceptar un producto, la muestra debe considerar posibles estacionalidades de demanda de producto, así como también representatividad del target de población a quien estará dirigida la campaña de venta.
- d) **Análisis descriptivo:** Todo proceso de modelamiento arranca con el análisis descriptivo de la información y tiene que ver con la exploración de los datos utilizando metodologías numéricas y gráficas, las cuales dependen del tipo de variables disponibles. En esta fase se garantiza que la data cumpla con estándares de completitud y exactitud antes de iniciar cualquier proceso de modelamiento. Podemos también encontrar las primeras correlaciones entre la variable dependiente y las independientes, así como la correlación entre variables independientes.

- e) **Análisis predictivo:** La búsqueda de asociación entre la variable dependiente y las independientes en un proceso iterativo de selección de las mejores variables para predecir o explicar el problema de negocio, este proceso es conocido como modelamiento estadístico, usualmente se lo realiza con software especializado, en el mercado existe software licenciado (con costo) y software libre (sin costo) dentro de esta segunda categoría se está dando impulso al uso del software estadístico R que mediante sentencias sencillas permite modelar analíticamente data estructurada y también procesar data no estructurada.
- f) **Pruebas e Implementación:** El proceso de implementación tecnológica permite que el Modelo Analítico pueda generar los resultados a demanda de las áreas de Negocio, durante esta fase es importante probar el Modelo con poblaciones no tradicionales (pruebas de estrés) a fin de garantizar la performance aún en situaciones extremas, además de auditar los resultados implementados versus los generados en el proceso de modelamiento. Si el uso de los Modelos va a ser transaccional, se recomienda un proceso de marcha blanca para estabilizar el modelo antes de ponerlo a producción para su uso masivo.
- g) **Entrenamiento/Aprendizaje:** En la medida que pasa el tiempo los modelos predictivos son sensibles al cambio de condiciones del mercado y a la generación de nueva información, por esta razón se recomienda probar el rendimiento de los modelos al menos dos veces por año y si es necesario calibrarlos para que recojan de menor manera los patrones, sea de la nueva población o de la nueva información existente.

El éxito de la aplicación de Modelos Analíticos Predictivos en el Negocio depende del involucramiento de todas las Áreas a las cuales va a afectar la introducción de estas nuevas tecnologías de manera directa, dado que normalmente se ven afectados los procesos, por lo tanto la gestión depende de que tan bien se integren estas soluciones a dichos procesos.

#### **1.6. Recopilación de los datos de la estación meteorológica**

Se procedió con el análisis de los datos que la estación meteorología registra. Encontrándose que de la información que nos brinda nos centramos en los datos relacionados a la Humedad Relativa y la Temperatura. Se procedió al registro de los

datos que la estación meteorológica brinda desde el 21-01-2017 hasta el 03-06-2017. Así mismo se consideró los datos registrados del año 2016



Así mismo se procedió con el análisis del sistema informático, se identificó los datos que alimentaría la estación meteorológica al sistema informático. Se identificó los puertos que interactuaría con la estación.

El sistema en base a las variables de control como son la Humedad relativa y bajo de ciertos parámetros debe reportar las alarmas e informar al responsable de la parcela de prueba, mientras que la parcela de testigo se tendrá un trabajo tradicional.

Responsable Ing. Marlene Paredes

## RESULTADOS

### ALGORITMO PARA CALCULAR PRONÓSTICOS:

Cada vez más, las organizaciones requieren conocer el comportamiento futuro de ciertos fenómenos con el fin de planificar o prevenir distintos hechos, se utilizan diversos métodos de pronósticos para predecir lo que puede ocurrir con una variable en el futuro a partir del comportamiento de esa variable en el pasado.

Los pronósticos se dividen en dos tipos principales, los pronósticos cualitativos y cuantitativos. Dentro de los pronósticos cuantitativos encontramos a los pronósticos de series de tiempo, los cuales se pueden aplicar en meteorología para la predicción del clima, para predecir variables tales como la temperatura, velocidad de viento, etc.

El algoritmo mostrado a continuación se basa en el pronóstico por series de tiempo, y toma en consideración el patrón cíclico que pueden tener las diversas variables del clima.

```
<?php
```

```
class Pronostico {  
  
    // Calcula el coeficiente de regresion de una serie de valores  
    // Formula:  $y = a + bx$   
    // Devuelve [a, b, count] => [intercepto, pendiente, conteo]  
    public function coeficientesRegresion($valores, $n = 24) {  
  
        $sup = count($valores);  
        $inf = ($sup >= $n) ? ($sup - $n) : 0;  
        $count = ($sup - $inf);  
  
        // periodos[x], valores[y]  
        $sum_x = 0;  
        $sum_y = 0;  
        $sum_x2 = 0;  
        $sum_xy = 0;  
        $x = 0;  
  
        for ($i = $inf; $i < $sup; $i++) {  
            $x = ($x + 1);  
            $sum_x += $x;  
            $sum_y += $valores[$i];  
            $sum_x2 += pow($x, 2);  
            $sum_xy += $x * $valores[$i];  
        }  
  
        $a = 0;  
        $b = 0;  
  
        if ($count > 0 && abs($count * $sum_x2 - pow($sum_x, 2)) > 0) {  
            $b = ($count * $sum_xy - $sum_x * $sum_y) /  
                ($count * $sum_x2 - pow($sum_x, 2));  
            $a = ($sum_y - $b * $sum_x) / $count;  
        }  
  
        return ['a' => $a, 'b' => $b, 'count' => $count];  
    }  
}
```

```

}

// Calcula el pronostico en base a los coeficientes de regresion
public function pronosticoRegresion($valores, $n = 24) {
    $coef = $this->coeficientesRegresion($valores, $n);
    return $coef['a'] + $coef['b'] * ($coef['count'] + 1);
}

// Devuelve un arreglo con los multiplicadores estacionales para calcular
// pronostico estacional
public function pronosticoEstacionalMatrix($valores, $n = 24, $period = 12) {

    // valores config:
    $period = ($period > 0) ? $period : 1; // periodicidad
    $decimals = 4;

    // consultar coeficientes:
    $coef = $this->coeficientesRegresion($valores, $n);
    $a = $coef['a'];
    $b = $coef['b'];
    $count = $coef['count'];

    $prs_regresion = array();
    $proporcion = array();
    $multip_estac = array();

    if ($count > 0) {

        // hallar pronosticos por regresion y calcular proporcion:
        $val_sup = count($valores);
        $val_inf = ($val_sup - $count);

        for ($i = 0, $j = $val_inf; ($i < $count); $i++, $j++) {
            $x = ($i + 1);
            $prs_regresion[$i] = round($a + $b * $x, $decimals);
            $proporcion[$i] = (abs($prs_regresion[$i]) > 0) ?
                ($valores[$j] / $prs_regresion[$i]) : 0;
        }

        // calcular multiplicadores estacionales:
        // (periodos: meses: 12, trimestres: 4, etc)
        $proporcion_count = count($proporcion);

        for ($i = 0; $i < $proporcion_count; $i++) {
            $k = ($i % $period);

            if (!isset($multip_estac[$k])) {
                $multip_estac[$k] = array('suma' => $proporcion[$i],
                    'conteo' => 1);
            } else {
                $multip_estac[$k]['suma'] += $proporcion[$i];
                $multip_estac[$k]['conteo']++;
            }
        }

        foreach ($multip_estac as &$m) {
            $m['promedio'] = $m['suma'] / $m['conteo'];
        }

        // pronostico regresion sig. periodo
        $prs_regresion[$count] = round($a + $b * ($count + 1), $decimals);
    }

    // resultado:

```

```

$matrix['a']      = $a;
$matrix['b']      = $b;
$matrix['count']  = $count;
$matrix['multip_estac'] = $multip_estac;
$matrix['prs_regresion'] = $prs_regresion;
return $matrix;
}

// Calcula el pronostico estacional de los valores especificados
// este pronostico se basa en regresion lineal para pronosticar
// basado en la tendencia de los valores
public function pronosticoEstacional($valores, $n = 24, $period = 12) {

    // valores config:
    $period = ($period > 0) ? $period : 1;
    $decimals = 4;

    // consultar matrix
    $matrix = $this->pronosticoEstacionalMatrix($valores, $n, $period);
    $a      = $matrix['a'];
    $b      = $matrix['b'];
    $count  = $matrix['count'];
    $multip_estac = $matrix['multip_estac'];

    if ($count > 0) {
        // pronostico regresion sig. periodo
        $prs_regresion = round($a + $b * ($count + 1), $decimals);

        // determinar cual multiplicador utilizar (validar indice k)
        $k = ($count % $period);
        $k = ($k < count($multip_estac)) ? $k : (count($multip_estac) - 1);

        // hallar pronostico estacional
        $prs_estacional = $prs_regresion * $multip_estac[$k]['promedio'];
        return $prs_estacional;
    } else {
        return 0;
    }
}
}

```

**Fuente:** creación propia

El código fuente presentado arriba, se divide en 3 partes:

La primera parte es la función denominada **coeficientesRegresion()** en cual se encarga de hallar la **tendencia (T)** predominante del comportamiento de las variables climáticas.

La segunda parte, es la función **pronosticoEstacionalMatrix()** la cual determina los multiplicadores estacionales es decir el peso del valor una variable climática en un determinado periodo de tiempo, para así poder determinar el valor de la variable para el siguiente periodo, de esta manera se determina la **estacionalidad (E)** de la variable.

La última parte es la función **pronosticoEstacional()** esta función es la que se llama desde el módulo climático del sistema y que permite pronosticar directamente pasándole como

entradas los valores de la variable climática, el número de valores a tomar en cuenta hacia atrás y el número de periodos en que se agruparan los valores para pronosticar, el algoritmo procesa estos valores utilizando las otras dos funciones anteriormente citadas y calculando el pronóstico, la salida del algoritmo es el valor de la variable climática para el siguiente periodo.

## Pantalla de escalas de variable

**Editar variable**

Nombre:  Descripción: 

Promedio de todas las velocidades del viento calculadas para cada intervalo de tiempo desde el modelo anterior.

Abreviatura:

Categoría:

U.M.:

Tipo cálculo:

**Escalas de variable** + Agregar escala

Nº	Escala	Valor min	Valor max	U.M.	Color	Alertar	Quitar
1	<input type="text" value="Calma"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
2	<input type="text" value="Ventolina"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
3	<input type="text" value="Brisa muy débil"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
4	<input type="text" value="Brisa débil"/>	<input type="text" value="11"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
5	<input type="text" value="Brisa moderada"/>	<input type="text" value="20"/>	<input type="text" value="29"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
6	<input type="text" value="Brisa fresca"/>	<input type="text" value="30"/>	<input type="text" value="39"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
7	<input type="text" value="Brisa fuerte"/>	<input type="text" value="40"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
8	<input type="text" value="Viento fuerte"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="61"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
9	<input type="text" value="Temporal"/>	<input type="text" value="62"/>	<input type="text" value="74"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
10	<input type="text" value="Temporal fuerte"/>	<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="87"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
11	<input type="text" value="Temporal duro"/>	<input type="text" value="88"/>	<input type="text" value="101"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
12	<input type="text" value="Temporal muy duro"/>	<input type="text" value="102"/>	<input type="text" value="117"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>
13	<input type="text" value="Huracán"/>	<input type="text" value="117"/>	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="km/h"/>	<input type="text" value=""/>	<input type="text" value="Alertar"/>	<input type="text" value="Quitar"/>

## SISTEMA INFORMATICO

# Sistema web de control Agrícola

### Pantalla listado de sensores

Sensor agrícola USP Kenedy G Cerrar

- Sensores
- Parcela
- Sensores
- Marcas de sensor
- Unidades de medida
- Vegetales
- Condiciones
- Monitoreo
- Seguridad

### Sensores

Buscar:  Nuevo sensor

ID	Parcela	Nombre	Marca de sensor	Tipo de sensor	Editar	Borrar
003	Sensor de calor	Ken Corporation	Sensor de temperatura	Cultivos de la Universidad San Pedro - Facultad de Agronomía	<a href="#">Editar</a>	<a href="#">Borrar</a>
001	vantage pro	Davis Instruments	Sensor compuesto	Cultivos de la Universidad San Pedro - Facultad de Agronomía	<a href="#">Editar</a>	<a href="#">Borrar</a>

### Pantalla de variables climáticas

Sensor agrícola USP Kenedy G Cerrar

- Sensores
- Unidades de medida
- Variables
- Categoría de variable
- Unidad de medida
- Tipo unidad de medida
- Vegetales
- Condiciones
- Monitoreo
- Seguridad

### Variables climáticas

Buscar:  Nueva variable

ID	Abreviatura	Nombre de la variable	Categoría	UM	Tipo UM	Editar
031	UVDOSE	Dosis UV	radiación solar	índice UV	indicador	<a href="#">Editar</a>
029	EMC	Equilibrio de contenido de humedad	humedad	índice EMC	indicador	<a href="#">Editar</a>
028	ET	Evotranspiración	vapor	milímetro cúbico (mm <sup>3</sup> )	volumen	<a href="#">Editar</a>
027	RAINRATE	Intensidad de lluvia	lluvia	milímetros cúbicos por hora (mm <sup>3</sup> /h)	velocidad	<a href="#">Editar</a>
026	RAIN	Lluvia	lluvia	milímetro cúbico (mm <sup>3</sup> )	volumen	<a href="#">Editar</a>
025	RADSOLMAX	Radiación solar máxima	radiación solar	watts por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )	irradiancia	<a href="#">Editar</a>
024	RADSOL	Radiación solar	radiación solar	watts por metro cuadrado (W/m <sup>2</sup> )	irradiancia	<a href="#">Editar</a>
023	UVMAX	Índice UV máxima	radiación solar	índice UV	indicador	<a href="#">Editar</a>
022	UV	Índice UV	radiación solar	índice UV	indicador	<a href="#">Editar</a>
021	ENERGSOL	Energía solar	radiación solar	langley (Ly)	insolación	<a href="#">Editar</a>

### Pantalla de mantenimiento de variables

Sensor agrícola USP Kenedy G Cerrar

**Editar variable**

Nombre:

Abreviatura:

Categoría variable:

Unidad de medida:

Descripción:

Tipo de cálculo:

Pantalla listado de vegetales

Sensor agrícola USP Kenedy G Cerrar

**Vegetales**

Buscar:

ID	Nombre comun	Nombre científico	Tipo de vegetal	Editar	Borrar
002	Papa		Tuberculo	<a href="#">Editar</a>	<a href="#">Borrar</a>
001	Mango		Fruta	<a href="#">Editar</a>	<a href="#">Borrar</a>

## Pantalla de plagas

Sensor agrícola USP Kenedy G Cerrar

- Sensores
- Unidades de medida
- Vegetales**
- Vegetal
- Tipo de vegetal
- Plaga
- Tipo de plaga
- Condiciones
- Monitoreo
- Seguridad

### Plagas

Buscar:  Nueva plaga

ID	Nombre comun	Nombre científico	Imagen	Tipo de plaga	Editar	Borrar
001	Tizón tardío	Phytophthora infestans	phytophthora_infestans.jpg	hongos	<a href="#">Editar</a>	<a href="#">Borrar</a>

## Pantalla condiciones en que se presenta la plaga

Sensor agrícola USP Kenedy G Cerrar

- Sensores
- Unidades de medida
- Vegetales
- Condiciones**
- Condición
- Monitoreo
- Seguridad

### Editar condición

Plaga:

Vegetal:

Descripción:

Alertar:  Sí  No

Variable:

Var	Variable	Valor min	Valor max	UM	Quitar
10	Humedad ambiente	<input type="text" value="80"/>	<input type="text" value="90"/>	<input type="text" value="%"/>	<a href="#">Quitar</a>
6	Temperatura ambiente	<input type="text" value="28"/>	<input type="text" value="45"/>	<input type="text" value="°C"/>	<a href="#">Quitar</a>

Guardar Cancelar

## Pantalla de control del clima

Sensor agrícola USP Kenedy G Cerrar

### Control del clima

Sensor: vantage pro 9 variables ↻ Minutos Horas Días Meses Años

← 2016 → Agosto ↻ 1 Ago 31 Ago Ver gráfico

Fecha	Dirección del viento (°) PROM	Dirección del viento	Velocidad del viento (km/h) PROM	Temperatura ambiente (°C) PROM	Humedad ambiente (%) PROM	Índice de calor (°C) PROM	Sensación térmica (°C) PROM	Energía solar (Ly) SUM	Índice UV PROM	Lluvia (mm) SUM
Lun 01/08/2016	204.89	SSW	7.91	18.25	85.60	18.69	18.10	334.23	1.52	0.00
Mar 02/08/2016	204.84	SSW	9.72	17.89	84.58	18.25	17.48	309.08	1.33	0.00
Mie 03/08/2016	203.48	SSW	6.90	17.89	82.67	18.26	17.78	341.33	1.57	0.00
Jue 04/08/2016	170.06	S	7.88	17.78	82.40	18.38	17.65	481.40	2.26	0.00
Vie 05/08/2016	174.26	S	9.53	17.72	85.33	18.14	17.33	457.18	2.01	0.00
Sab 06/08/2016	202.03	SSW	11.71	17.62	85.08	17.96	17.16	296.69	1.25	0.00
Dom 07/08/2016	209.06	SSW	8.78	17.43	85.40	17.74	17.29	280.70	1.17	0.00
Lun 08/08/2016	198.28	SSW	8.45	17.74	83.04	18.05	17.50	334.97	1.41	0.00
Mar 09/08/2016	148.13	SSE	9.09	16.90	85.52	17.21	16.52	485.87	2.03	0.00
Mie 10/08/2016	168.03	SSE	9.75	17.33	86.21	17.77	16.83	501.71	2.09	0.00

## Reporte grafico del clima

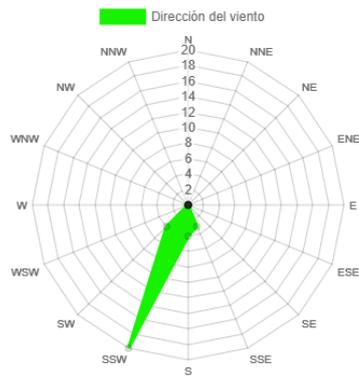
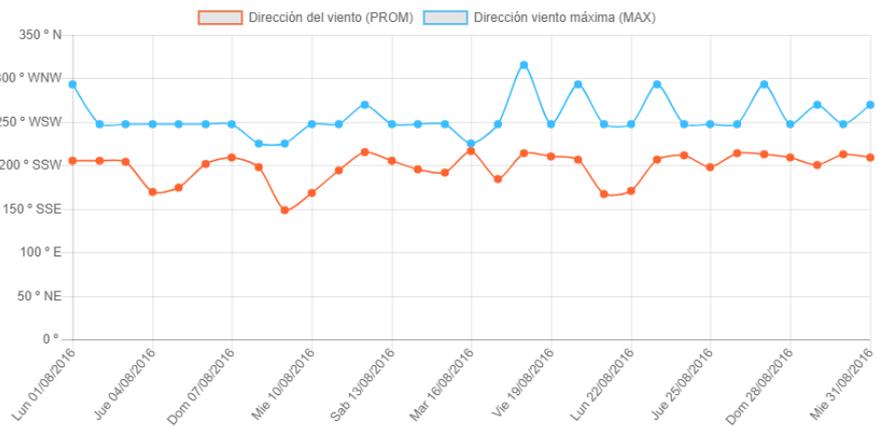
- Sensores
- Unidades de medida
- Vegetales
- Condiciones
- Monitoreo**
- Medida
- Temperaturas
- Seguridad

### Control del clima

Sensor: vantage pro 10 variables ↻ Minutos Horas **Días** Meses Años

← 2016 → Agosto 1 Ago 31 Ago Ver listado

### viento



	Prom	Min	Max	Diff
Dirección del viento (°)	197.66	148.13	217.00	68.87
Dirección viento máxima (°)	255.48	225.00	315.00	90

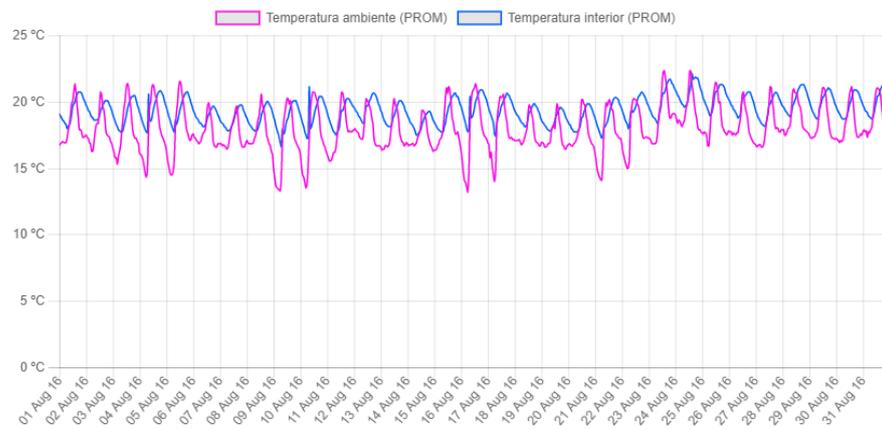
- Sensores
- Unidades de medida
- Vegetales
- Condiciones
- Monitoreo
- Medida
- Temperaturas
- Seguridad

### Control del clima

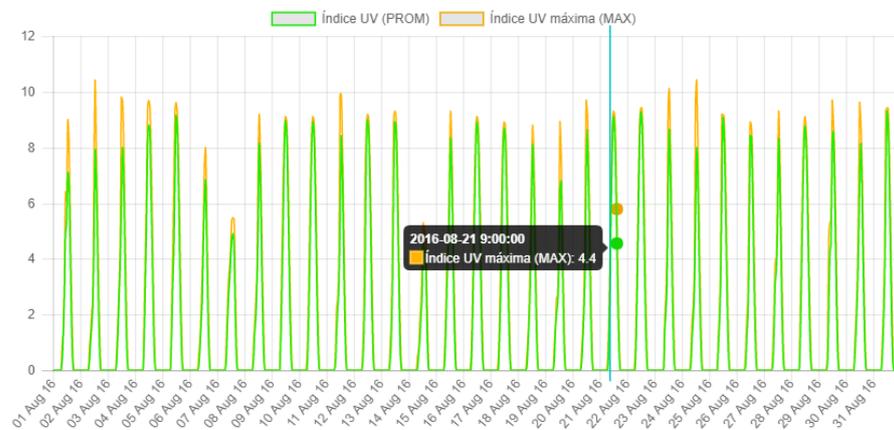
Sensor: vantage pro 10 variables ↻ Minutos Horas Días Meses Años

← 2016 → Agosto ↻ 1 Ago 31 Ago Ver listado

### temperatura



### radiación solar



	Prom	Min	Max	Diff
Índice UV	1.66	0.00	9.30	9.3
Índice UV máxima	2.08	0.00	10.40	10.4

## Código fuente del cálculo y resumen grafico de las variables climáticas

```
<?php
    session_start ();
    include_once '../..//datos/AppUtils.php';
    include_once '../..//vistas/utils.php';
    CheckLoginAccess ();
?>
<?php
    include_once '../..//datos/categvariableDAL.php';
    $catvar_dal = new categvariableDAL ();
?>
<?php
    include_once '../..//datos/variableDAL.php';
    $var_dal = new variableDAL ();
?>
<?php
    include_once '../..//datos/medidaDAL.php';
    $medida_dal = new medidaDAL ();
?>
<?php
    include_once '../..//datos/umvalDAL.php';
    $umval_dal = new umvalDAL ();
?>
<?php
    include_once '../..//datos/umDAL.php';
    $um_dal = new umDAL ();
?>
<?php
    $sensor_id      = GetStringParam('sensor_id');
    $fecha_ini      = GetStringParam('fecha_ini');
    $fecha_fin      = GetStringParam('fecha_fin');
    $tiempo_interval = GetNumericParam('tiempo_interval');
    $vars_select_ids = GetStringParam('vars_select_ids');
    $vars_select_ids = $vars_select_ids ? explode('-',
$vars_select_ids) : [];
?>
<?php
    $umval_list = $umval_dal->listar();
    $var_list   = $var_dal->listar();
    $catvar_list = $catvar_dal->listar();
    $um_list    = $um_dal->listar();

    // Agrupar UMVal (por UM)
    $umval_by_um = [];
    $umval_list2 = GetArrayByColumns($umval_list, ['um_id',
'umval_id', 'umval_abrev', 'umval_ini', 'umval_fin']);
    foreach ($umval_list2 as $umval_row) {
        $umval_by_um[$umval_row['um_id']][] = $umval_row;
    }

    // Variables por ID
    $var_array = [];
    for ($i = 0; $i < count($var_list); $i++) {
        $var_row = $var_list[$i];
        $var_row['var_tiene_umval'] =
isset($umval_by_um[$var_row['um_id']]) ? 1 : 0;
        $var_array[$var_row['var_id']] = $var_row;
    }

    // Categorías de variables por ID
```

```

$catvar_array = [];
for ($i = 0; $i < count($catvar_list); $i++) {
    $catvar_row = $catvar_list[$i];
    $catvar_array[$catvar_row['catvar_id']] = $catvar_row;
}

// Unidades de medida por ID
$um_array = [];
for ($i = 0; $i < count($um_list); $i++) {
    $um_row = $um_list[$i];
    $um_array[$um_row['um_id']] = $um_row;
}

// Colocar en array solo las variables seleccionadas
$vars_select_array = [];
for ($i = 0; $i < count($vars_select_ids); $i++) {
    $vars_select_array[] = $var_array[$vars_select_ids[$i]];
}

// Consultar los valores de las medidas
$medida_list = [];
if ($tiempo_interval == TIEMPO_MINUTOS) {
    $medida_list = $medida_dal->listarByVariables($sensor_id,
$fecha_ini, $fecha_fin, $vars_select_array);
} else {
    $medida_list = $medida_dal-
>listarByVariablesGrouped($sensor_id, $fecha_ini, $fecha_fin,
$vars_select_array, $tiempo_interval);
}

// Obtener nombre de los meses
$meses = getMeses();
$meses_short = getShortMeses();
?>
<?php
// Valores:
$etiquetas = [];
$valores = [];
$group_vars = [];

// Resumen por [umval] (inicializar):
$umval_etiquetas = [];
$umval_valores_sum = [];
$umval_valores_sum_total = [];

foreach ($vars_select_array as $var_row) {
    if ($var_row['var_tiene_umval']) {
        foreach ($umval_by_um[$var_row['um_id']] as $umval_row) {
            $umval_etiquetas[$var_row['var_id']][$umval_row['umval_id']] =
            $umval_row;

            $umval_valores_sum[$var_row['var_id']][$umval_row['umval_id']] = 0;
            $umval_valores_sum_total[$var_row['var_id']]
            = 0;
        }
    }
}

// Minimios, maximos, promedios y distancias (inicializar):
$val_minimos = [];

```

```

$val_maximos = [];
$val_suma = [];
$val_conteo = [];
$val_promedio = [];
$val_distancias = [];

foreach ($vars_select_array as $var_row) {
    $val_suma[$var_row['var_id']] = 0;
    $val_conteo[$var_row['var_id']] = 0;
}

// Etiquetas:
// NOTA: Las [$etiquetas] y los [$valores] deben estar
sincronizados en la misma posición
if ($tiempo_interval == TIEMPO_MINUTOS || $tiempo_interval ==
TIEMPO_HORAS) {
    foreach ($medida_list as $medida_row) {
        $etiquetas[] = $medida_row['tiempo_part'];
    }
} elseif ($tiempo_interval == TIEMPO_DIAS) {
    foreach ($medida_list as $medida_row) {
        $etiquetas[] =
DayShortName(NroDiaSemana($medida_row['tiempo_part']))."
".formatDate($medida_row['tiempo_part']);
    }
} elseif ($tiempo_interval == TIEMPO_SEMANAS) {
    foreach ($medida_list as $medida_row) {
        $etiquetas[] = $medida_row['tiempo_part'];
    }
} elseif ($tiempo_interval == TIEMPO_MESES) {
    foreach ($medida_list as $medida_row) {
        $etiquetas[] = $meses_short[$medida_row['tiempo_part']].'
'.$medida_row['anio'];
    }
} elseif ($tiempo_interval == TIEMPO_ANIOS) {
    foreach ($medida_list as $medida_row) {
        $etiquetas[] = $medida_row['tiempo_part'];
    }
}
$etiquetas_count = count($etiquetas);

// Valores de las medidas:
foreach ($medida_list as $medida_row) {
    foreach ($vars_select_array as $var_row) {
        $var_id = $var_row['var_id'];
        $val = nformatNull($medida_row["valor_{$var_id}"], 2);

        // valores y agrupación

$valores[$var_row['catvar_id']][$var_row['um_id']][$var_id][] = $val;

$group_vars[$var_row['catvar_id']][$var_row['um_id']][$var_id] =
$var_row;

// minimos y maximos
if (isset($val)) {
    if (isset($val_minimos[$var_id])) {
        if ($val_minimos[$var_id] > $val) {
            $val_minimos[$var_id] = $val;
        }
    } else {

```

```

        $val_minimos[$var_id] = $val;
    }

    if (isset($val_maximos[$var_id])) {
        if ($val_maximos[$var_id] < $val) {
            $val_maximos[$var_id] = $val;
        }
    } else {
        $val_maximos[$var_id] = $val;
    }
    $val_suma[$var_id] += $val;
    $val_conteo[$var_id]++;
}

// resumen por [umval]
if ($var_row['var_tiene_umval']) {
    $umval_id = isBetweenArray($val,
$umval_by_um[$var_row['um_id']], 'umval_ini', 'umval_fin',
'umval_id');
    if ($umval_id) {
        $umval_valores_sum[$var_id][$umval_id]++;
        $umval_valores_sum_total[$var_id]++;
    }
}
}

// promedios y distancias
foreach ($vars_select_array as $var_row) {
    $var_id = $var_row['var_id'];

    if (isset($val_suma[$var_id], $val_conteo[$var_id])) {
        $val_promedio[$var_id] = ($val_conteo[$var_id] > 0) ?
round($val_suma[$var_id] / $val_conteo[$var_id], 2) : 0;
    }
    if (isset($val_minimos[$var_id], $val_maximos[$var_id])) {
        $val_distancias[$var_id] = $val_maximos[$var_id] -
$val_minimos[$var_id];
    }
}

// Definir colores para las lineas de los graficos
$border_color[0] = '#ff622d';
$border_color[1] = '#37bcff';
$border_color[2] = '#16f200';
$border_color[3] = '#ffb400';
$border_color[4] = '#c92727';
$border_color[5] = '#fd04e6';
$border_color[6] = '#005eff';
$borde_key = 0;
?>
<div>
    <?php foreach ($group_vars as $catvar_id => $ums_vector) { ?>
        <h2><?php echo $catvar_array[$catvar_id]['catvar_nombre'];
?></h2>
        <?php foreach ($ums_vector as $um_id => $vars_vector) { ?>
            <div style='max-width: 900px;'>
                <canvas id='<?php echo
"grafico_sensor_{ $catvar_id }_{ $um_id }"; ?>' style='max-width:
900px;'></canvas>
            </div>
        }
    }
}
?>

```

```

        <div style='margin: auto;'>
            <?php foreach ($vars_vector as $var_id => $var_row) {
                <?php if (isset($umval_by_um[$var_row['um_id']]))
                { <?>
                    <div style='max-height: 350px;max-width:
400px;' class='inline'>
                        <canvas id='<?php echo
"grafico_umval_{$catvar_id}_{$um_id}_{$var_id}"; <?>'
                            style='height: 400px;'></canvas>
                    </div>
                    <?php }
                } <?>
            </div>
            <div class='bg_lazul2' style='margin-bottom: 10px;'>
                <table style='width: 500px;' class='infotable'>
                    <tr>
                        <th></th>
                        <th>Prom</th>
                        <th>Min</th>
                        <th>Max</th>
                        <th>Diff</th>
                    </tr>
                    <?php foreach ($vars_vector as $var_id =>
$var_row) { <?>
                        <tr>
                            <td><?=$var_row['um_abrev'] ?
$var_row['var_nombre']." (".$var_row['um_abrev'].")" :
$var_row['var_nombre']; <?></td>
                            <td class='txt_right'><?=$
$var_row['promedio'][$var_id]; <?></td>
                            <td class='txt_right'><?=$
IssetOr($var_row['minimos'][$var_id], '-'); <?></td>
                            <td class='txt_right'><?=$
IssetOr($var_row['maximos'][$var_id], '-'); <?></td>
                            <td class='txt_right'><?=$
IssetOr($var_row['distancias'][$var_id], '-'); <?></td>
                        </tr>
                    <?php } <?>
                </table>
            </div>
        <?php }
    } <?>
</div>
<?php if (count($medida_list) == 0) { <?>
    <div class='nodata'>No hay datos para graficar</div>
<?php } <?>
<script>
    // Definir valores de umval en JS
    var umval_by_um = <?=$json_encode($umval_by_um); <?>;

    // Crear graficos:
    <?php foreach ($group_vars as $catvar_id => $ums_vector) { <?>
    <?php foreach ($ums_vector as $um_id => $vars_vector) { <?>

        var canvas_sensor = document.getElementById('<?php echo
"grafico_sensor_{$catvar_id}_{$um_id}"; <?>').getContext('2d');
        var canvas_umval;

        <?php if ($tiempo_interval == TIEMPO_MINUTOS || $tiempo_interval
== TIEMPO_HORAS) { <?>

```

```

    var chart1_sensor = new Chart(canvas_sensor, {
        type : 'LineWithLine',
        data : {
            labels : <?php echo json_encode($etiquetas); ?>,
            datasets: [
                <?php foreach ($valores[$catvar_id][$sum_id] as $var_id
=> $vals) {?>
                    {
                        label : '<?=( $tiempo_interval ==
TIEMPO_MINUTOS) ? $var_array[$var_id]['var_nombre'] :
$var_array[$var_id]['var_nombre'].'
('.$var_array[$var_id]['tcalc_abrev'].')'; ?>',
                        data : <?= json_encode($vals); ?>,
                        borderWidth : 1.5,
                        borderColor : '<?='
$border_color[$borde_key]; ?>',
                        pointBackgroundColor: '<?='
$border_color[$borde_key]; ?>',
                        fill : false,
                        spanGaps : true
                    },
                    <?php $borde_key = ++$borde_key %
count($border_color); } ?>
                ]
            },
            options: {
                animation: false,
                elements : {
                    line : {tension: 0.25},
                    point: {
                        radius : 0,
                        hitRadius : 10,
                        hoverRadius: 5
                    }
                },
                scales : {
                    yAxes: [{
                        ticks: {
                            suggestedMin: 0,
                            callback : function (value, index, values)
{
                                var tiene_umval = '<?='
isset($umval_by_um[$sum_id]) ? 1 : 0; ?>';
                                var umval_label = (tiene_umval == '1') ?
isBetweenArray(value, umval_by_um[<?= $sum_id; ?>], 'umval_ini',
'umval_fin', 'umval_abrev') : '';
                                return redondear(value, 2) + " <?='
$sum_array[$sum_id]['um_abrev']; ?> " + umval_label;
                            }
                        }
                    }],
                    xAxes: [{
                        type: 'time',
                        time: {
                            unit : '<?php echo ($tiempo_interval
== TIEMPO_MINUTOS) ? 'minute' : 'hour'; ?>',
                            round : '<?php echo ($tiempo_interval
== TIEMPO_MINUTOS) ? 'minute' : 'hour'; ?>',
                            unitStepSize : <?php echo ($tiempo_interval
== TIEMPO_MINUTOS) ? 60 : ($etiquetas_count <= 24 ? 1 :

```

```

($etiquetas_count <= 48 ? 3 : ($etiquetas_count <= 96 ? 6 :
($etiquetas_count <= 192 ? 12 : 24))))); ?>,
        displayFormats: {
            hour: '<?php echo ($tiempo_interval ==
TIEMPO_MINUTOS) ? 'DD MMM YY - hh:mm a' : (($etiquetas_count > 192) ?
'DD MMM YY' : 'DD MMM YY - hh:mm a'); ?>'
        }
    }
}
}
});
<?php } else { ?>

    var chart2_sensor = new Chart(canvas_sensor, {
        type : 'LineWithLine',
        data : {
            labels : <?php echo json_encode($etiquetas); ?>,
            datasets: [
                <?php foreach ($valores[$catvar_id][$sum_id] as $var_id
=> $vals) { ?>
                    {
                        label : '<?php echo
$var_array[$var_id]['var_nombre'].'
('.$var_array[$var_id]['tcalc_abrev'].'. '); ?>',
                        data : <?php echo
json_encode($vals); ?>,
                        borderWidth : 1.5,
                        borderColor : '<?php echo
$border_color[$borde_key]; ?>',
                        pointBackgroundColor: '<?php echo
$border_color[$borde_key]; ?>',
                        fill : false,
                        spanGaps : true
                    },
                    <?php $borde_key = ++$borde_key %
count($border_color); } ?>
                ]
            },
            options: {
                animation: false,
                elements : {line: {tension: 0.25}},
                scales : {
                    yAxes: [{
                        ticks: {
                            suggestedMin: 0,
                            callback : function (value, index, values)
{
                                var tiene_umval = '<?>
isset($umval_by_um[$sum_id]) ? 1 : 0; ?>';
                                var umval_label = (tiene_umval == '1') ?
isBetweenArray(value, umval_by_um[<?> $sum_id; ?>], 'umval_ini',
'umval_fin', 'umval_abrev') : '';
                                return redondear(value, 2) + " <?>
$sum_array[$sum_id]['um_abrev']; ?> " + umval_label;
                            }
                        }
                    }
                ]
            }
        }
    });

```

```

<?php } ?>

<?php foreach ($vars_vector as $var_id => $var_row) {?>
<?php if (isset($umval_by_um[$um_id])) { ?>

    canvas_umval = document.getElementById('<?php echo
"grafico_umval_{ $catvar_id}_{ $um_id}_{ $var_id}";
?>').getContext('2d');
    var chart_umval = new Chart(canvas_umval, {
        type : 'radar',
        data : {
            labels : <?=
json_encode(GetVectorByColumn($umval_etiquetas[$var_id],
'umval_abrev')); ?>,
            datasets: [{
                label : '<?php echo
$var_array[$var_id]['var_nombre']; ?>',
                backgroundColor: '<?php echo
$border_color[$borde_key]; ?>',
                borderColor : '<?php echo
$border_color[$borde_key]; ?>',
                data : <?=
json_encode(GetVector($umval_valores_sum[$var_id])); ?>
            }]
        },
        options: {
            responsive : true,
            animation : false,
            maintainAspectRatio: false,
            spanGaps : false,
            elements : {
                line: {
                    tension: 0.0025
                }
            },
            scale : {
                ticks: {
                    suggestedMin: 0
                }
            }
        }
    });
    <?php $borde_key = ++$borde_key % count($border_color); } } ?>

<?php } } ?>
</script>

```

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

- Se logró contar con la información de la estación meteorológica y utilizada con el sistema informático, el cual brindo información para la parcela 1, grupo experimental; mientras la parcela 2 que es el grupo de control se trabajó de manera tradicional.
- Se obtuvo la predicción del clima con la información del 2016 que genero la estación meteorológica
- Se comprobó la hipótesis, al aplicar la información a la parcela experimental y la parcela de control se trabajó de manera tradicional, en el que se aplicó insecticidas.
- Se diseñó el algoritmo basado en el modelo de predicción y alertas.
- El sistema informático permite cubrir otros tipos de enfermedades relacionados con las variables que considera la estación meteorológica.

### **RECOMENDACIONES**

- Capacitar al personal para el buen uso del sistema informático con articulación de la estación estereológica.
- Todo supervisor debe contar con un celular para recibir las alertas.

## BIBLIOGRÁFICAS

UNAM. Observatorio Atmosférico. (2015a). Red Universitaria de Observatorios Atmosféricos de la UNAM. Obtenido de Observatorio Atmosférico UNAM: [http://www.ruoa.unam.mx/UNAM/index\\_UNAM.html](http://www.ruoa.unam.mx/UNAM/index_UNAM.html).

Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. (2015). Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS), Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/Docs/unidad.html>

D. Clarke, C. Mohtadi, P. Tuffs. "Generalised predictive control". Part. I: The basic algorithm. Part. 2: Extensions and interpretations. Automatica. Vol23.N"2, pp. 137-160. 2007.

## ANEXO

---

# FAO: Conservan variedades de papas de Perú en el hielo del Ártico

**El cambio climático y enfermedades como el tizón de la papa amenazan ese importante recurso.**

