

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Escuela Profesional de Informática



**Sistema de control y prevención para evitar la propagación de
la plaga R4T en plantaciones de banano usando Estrategia de
Programación Divide y Vencerás**

Nombre del curso: Estrategias Algorítmicas

Integrantes del grupo:

- 1.- Mendez Cruz Angely Yahayra
- 2.- Mendez Cruz Ciara Solange

Docente del Curso: Rodríguez Melquiades José Antonio

Trujillo - La Libertad
2021

Sistema de control y prevención para evitar la propagación de la plaga R4T en plantaciones de banano usando Estrategia de Programación Divide y Vencerás

Monografía presentada en el curso Estrategias Algorítmicas como trabajo final del curso, es el producto logrado con los conocimientos adquiridos durante la I y II unidad, enfatizando en la estrategia de programación divide y vencerás, del mismo modo enfocándonos en la problemática de la plaga R4T de plantaciones de banano en nuestro país y en el mundo.

Trujillo - La Libertad

2021

Resumen

El presente trabajo planteó como objetivo principal, implementar un sistema de control y prevención usando la estrategia algorítmica dividir para vencer para evitar la diseminación de la plaga R4T que, a través de una plataforma de gestión de información, genere resultados en beneficio del país y evitar una emergencia fitosanitaria.

Se diseñó diferentes funciones tales como, para calcular las zonas más cercanas al punto infectado por la plaga, asimismo las operaciones para hallar distritos ubicados dentro, fuera y en el límite de la zona perifocal en el entorno Netbeans del lenguaje de programación Java, con información de nueve distritos productores de bananos que son los departamentos de Piura, Amazonas, Cajamarca, Loreto y San Martín.

Finalmente, los resultados obtenidos fueron que, de los puntos o distritos encontrados más cercanos al foco de infección, se recomienda tomar precauciones para evitar contraer la plaga en los cultivos, asimismo de los puntos más cercanos dentro de la zona Perifocal, se encontró los más cercanos, cuya distancia sirve como una reducción en el viaje que le tomará a los especialistas en realizar la fumigación o inspección de las plantaciones.

Palabras claves: Plaga R4T, Divide y vencerás, Propagación.

Índice de figuras

2.1 Distribución de Fusarium Raza 4 Tropical, Actualizado a junio de 2020.....	7
2.2 Síntomas externos e internos de la enfermedad de la Marchitez por Fusarium (Mal de Panamá) causado por Fusarium spp.	8
2.3 Analogía de la estrategia algorítmica con un juego para niños LEGOs.....	11
3.1 Función cercano, encuentra los dos puntos más cercanos de un plano y retorna la distancia.	14
3.2 Función que dado el radio, encuentra los puntos que están dentro, fuera o en límite de dicha zona perifocal.....	15
3.3 Resultados de las principales funciones	15
3.4 Resultados de la Ventana Principal y Secundaria.	16
3.5 Resultados de tercera ventana con los resultados del distrito y su zona perifocal Interfaz Gráfica.....	16

Índice de tablas

3.1 Datos ingresados en vectores al sistema de control y prevención.	13
---	----

Índice general

Resumen	II
Índice de Figuras	III
Índice de Tablas.....	III
1. Introducción.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos de la monografía	3
1.3.1 Objetivo general	3
1.3.2 Objetivos específicos	3
1.4 Método del trabajo	4
2. Plaga R4T y la Estrategia de Programación Divide y vencerás.....	5
2.1 Fundamentación teórica de la Plaga R4T.....	5
2.2 Estrategia de Programación Divide y Vencerás	11
3. Resultados y discusión de la monografía	13
3.1 Implementación.....	13
3.2 Resultados	15
3.3 Discusión.....	17
4. Consideraciones finales	18
4.1 Conclusiones	18
4.2 Trabajos futuros.....	18
Referencias bibliográficas.....	19

Capítulo 1

Introducción

1.1. Realidad problemática

En nuestro país y a nivel mundial la tendencia actual y el nuevo escenario amenaza también a otras naciones de América Latina y el Caribe, con fuerte presencia entre los mayores productores y exportadores de banano del mundo. En consecuencia, especialistas reclamaron una profundización de la cooperación público-privada, para enfrentar una plaga que castiga a un cultivo clave para la seguridad alimentaria global y la subsistencia de millones de pequeños productores agrícolas.

Para entender el nivel de riesgo, basta con citar que tan pronto conoció de la posible presencia de la plaga *Fusarium* en una plantación del país vecino, Ecuador acudió al Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), con sede en Centroamérica, y que tiene un "comando de control fitosanitario" del Foc R4T, contactado, asimismo, con el Departamento de Agricultura de Australia que son "los campeones mundiales en asuntos de cuarentena" y ha enviado a dos técnicos para capacitarse en ese país "que recibió la enfermedad (*Fusarium*) y ha aprendido a convivir con ella dentro de su país", según Diario Gestión (2019).

A nivel nacional, en nuestra patria, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) del Perú informó que en el mes de abril del 2021 se detectó la cepa raza 4 tropical (R4T) del hongo *Fusarium* en una plantación bananera de media hectárea del departamento de Piura. Inmediatamente se declaró la emergencia fitosanitaria, que

implica medidas de prevención estrictas con la finalidad de evitar que la enfermedad se propague hacia otras plantaciones bananeras, que cubren 170.000 hectáreas en el país.

Por los antecedentes de las plagas presentes en las plantaciones de plátano expuestos, y los agricultores y a los cultivos nos planteamos la siguiente problemática ¿Será posible generar un sistema de control y prevención para evitar la propagación de la plaga R4T en plantaciones de banano y así contribuir a la rápida fumigación e intervención de las autoridades usando Estrategia de Programación Divide y Vencerás?

1.2. Justificación

La preocupación generada ante la realidad problemática investigada, nos proporciona la importancia en señalar que se necesita un control y prevención adecuado para evitar daños irreversibles. Por lo que surge el propósito de resolver la problemática de la presente monografía, el cual es evitar más propagación de la plaga y cultivos perdidos de plantaciones de banano, de ese modo evitar el crecimiento en hectáreas de terreno del hongo *Fusarium Raza 4* que causa la enfermedad conocida popularmente como “el mal de Panamá” y puede permanecer en el suelo hasta por 30 años, atacando las raíces de la variedad de banano Cavendish y del plátano, aunque no afecta salud de los seres humanos.

Asimismo, la finalidad de esta investigación señala la importancia de una buena administración y gestión por parte de los agricultores y las autoridades a cargo en territorio peruano, pues es una gran preocupación entre los países productores de plátano y banano en América Latina ya nivel mundial, debido a que este hongo se propaga fácilmente a través del viento, el calzado o incluso la ropa, por lo que resulta muy difícil de erradicar.

Lo que se espera con la implementación de un programa gracias a la Estrategia Divide y Vencerás, es un control y prevención y de ese modo evitar la propagación de la plaga R4T en plantaciones de banano, contribuyendo a la rápida fumigación en zonas cercanas e intervención de las autoridades usando Estrategia de Programación Divide y Vencerás?, disponiendo una experiencia exitosa aplicada al control, manejo eficiente y responsable de plantaciones de banano en el Perú y el mundo; así como la seguridad de los cultivos e inversiones económicas.

1.3. Objetivos de la monografía

Para establecer lo que pretende la investigación y así contribuir con la solución del problema formulado, se tienen los siguientes objetivos:

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar un sistema estándar de control y prevención usando la estrategia de programación divide y vencerás para evitar la propagación de la plaga *Fusarium Oxysporum* f.sp. cubense Raza 4 Tropical (R4T), a través de una plataforma de gestión de información que, proporcione a autoridades, compañías agrícolas y ciudadanos, información de calidad, confiable y oportuna sobre la situación actual de la plaga R4T en nuestro país.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Emplear la estrategia de programación, divide y vencerás para la creación del sistema de control y prevención, ya que esta estrategia separa el problema en subproblemas que se parecen al problema original y además de manera recursiva resuelve los subproblemas y combina las soluciones de los subproblemas para resolver el problema original.

- b) Controlar la propagación de la plaga *Fusarium Oxysporum* f.sp. cubense Raza 4 Tropical (R4T) y así prevenir el ingreso de la enfermedad a cultivos que se encuentren en el área perifocal de la zona infectada que generen la pérdida de las 170,000 hectáreas de plantaciones que posee el territorio nacional y que, perjudiquen la seguridad alimentaria del país y la subsistencia de miles de pequeños productores agrícolas.

1.4. Método del trabajo

Para poder evitar la diseminación de la plaga R4T, como primer paso se registraron todas las coordenadas de las compañías agrícolas, en otras palabras, donde están ubicados sus cultivos. Seguidamente, se elaboró e implementó una base de datos que permitió identificar los lugares más cercanos, más lejanos a la zona infectada y las plantaciones que están más próximas entre sí, también el análisis de la data generada y así tener resultados que les permitan tomar decisiones inmediatas que conlleve a una planificación de acciones concretas que permitan hacer frente al escenario de crisis. Finalmente, esta base de datos también ayudó a establecer los lugares en específico para implementar controles y fumigaciones en dichas zonas y de esta manera, evitar la diseminación de dicha plaga en cada unidad agrícola.

Capítulo 2

Plaga R4T y la Estrategia de Programación Divide y vencerás

2.1. Fundamentación teórica de la Plaga R4T

2.1.1. Plaga *Fusarium Oxysporum* f.sp. *cubense* Raza 4 Tropical (R4T)

La producción global de plátano y banano se encuentra seriamente amenazada por la rápida dispersión intercontinental del hongo fitopatógeno, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical (R4T) el cual ha sido clasificado recientemente como *Fusarium odoratissimum* por Maryani et al. (2018). R4T tiene la capacidad de ocasionar, en clones de Cavendish, la enfermedad conocida como Marchitez/Marchitamiento del banano, Fusariosis del banano o coloquialmente Mal de Panamá, capacidad que no tienen las razas 1 y 2, por cuanto los clones Cavendish exhiben, en general resistencia a tales razas.

2.1.1.1. Marchitamiento por *Fusarium* (Mal de Panamá)

Al no existir opciones de control, la Enfermedad de Panamá se considera la más importante en el sistema productivo del banano, con especial atención en regiones de Latinoamérica y el Caribe (LAC) (Ploetz 2000, Ploetz et al. 2015).

Es extremadamente destructiva y, en el siglo pasado, causó una epidemia que devastó la industria bananera basada en “Gros Michel-AAA”. La

enfermedad fue reportada inicialmente en Australia en alrededor de 1870, pero se presume se originó en el sudeste asiático en donde co-evolucionó con el banano. (Bancroft 1876, Maryani et al. 2018). El mencionado brote de la enfermedad de Panamá en Gros Michel se asocia a la raza 1 del patógeno (Stover 1962, Ploetz 2006), que a la fecha se encuentra distribuido a nivel mundial destruyendo miles de hectáreas de banano en países tropicales y subtropicales.

Tal situación obligó a la industria bananera a desplegar cultivares resistentes del subgrupo Cavendish (AAA), lo que les permitió a los bananeros continuar plantando en suelos infestados con la raza 1.

Sin embargo, la destructiva raza 4 tropical (R4T), clasificada recientemente como *Fusarium odoratissimum* (Maryani et al. 2018), surgió en el sudeste asiático, amenazando a los bananos Cavendish y muchas otras variedades locales, en dicho lugar (Ploetz 1994). Actualmente, esta especie es la principal amenaza para la producción global de banano, ya que se ha extendido a otras regiones fuera del sudeste asiático, incluso a países en el medio este, el subcontinente de la India, África en donde es un alimento de la dieta básica (Ordóñez et al. 2015), al igual que en Colombia en donde ha sido recientemente reportado (Ver **Figura 2.1**) y la cual es una región de primordial importancia para la industria mundial de exportaciones.

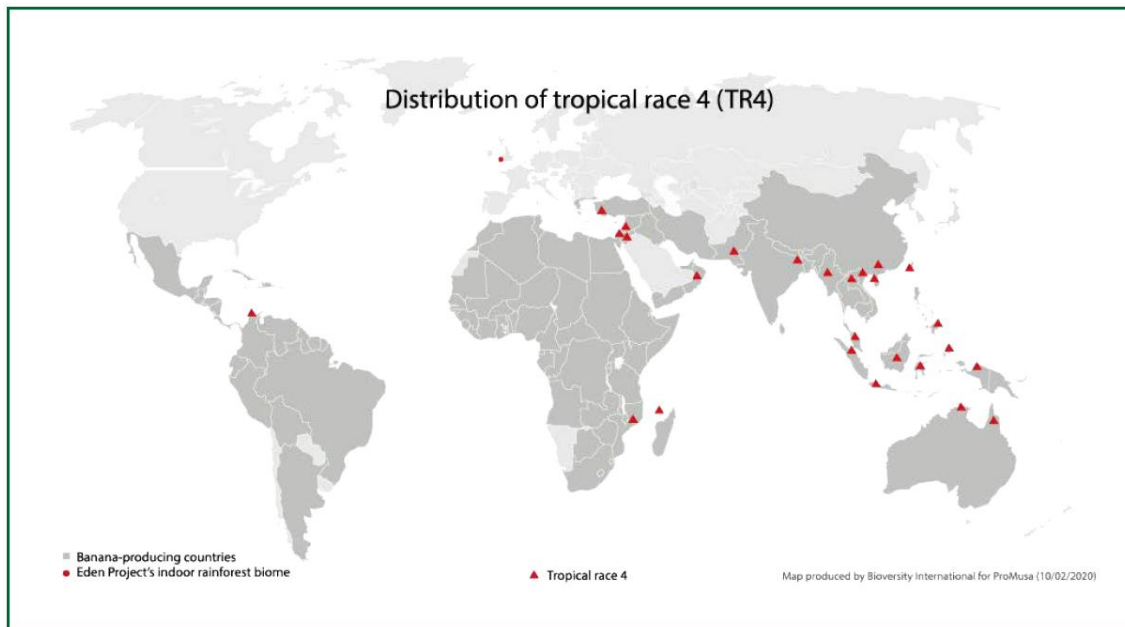


Figura 2.1: Distribución de Fusarium Raza 4 Tropical, Actualizado a junio de 2020.
Fuente: Imagen cortesía: Promusa.com

Sobre los medios de dispersión, se sabe que el material vegetal infectado, el agua contaminada y las herramientas y/o maquinaria con suelo infestado son las principales vías para movilizar el patógeno, particularmente en regiones de grandes monocultivos (Stover 1962, Stover and Ploetz 1990). La infección de una planta comienza con hifas fúngicas que ingresan a las raíces de una planta de banano. La posterior colonización en plantas susceptibles eventualmente causa la oclusión de los vasos del xilema, lo que también se debe a la formación de geles y tíloides por parte de la planta para restringir la expansión del hongo y el colapso celular (Ghaget al. 2015, Pegg et al. 2019). Esto da como resultado una decoloración marrón rojiza de los rizomas y los vasos vasculares presentes en el pseudotallo (Li et al. 2012, Pegg et al. 2019). Externamente, las plantas exhiben marchitez progresiva con hojas cloróticas de color amarillo brillante que eventualmente colapsan

alrededor del pseudotallo junto con un ocasional agrietamiento del pseudotallo (Ploetz 2006) (Ver Figura 2.2).



Figura 2.2: Síntomas externos e internos de la enfermedad de la Marchitez por *Fusarium* (Mal de Panamá) causado por *Fusarium* spp. (A) Síntomas externos con un extenso amarillamiento foliar, así como también el colapso de las hojas alrededor del pseudotallo y agrietamiento del pseudotallo; (B-C) síntomas internos mostrando el enrojecimiento de los haces vasculares en el pseudotallo y el cormo.

Fuente: Fotos de García-Bastidas

2.1.2. El banano

2.1.2.1. La producción de banano en el Mundo

Los bananos y plátanos representan el cultivo para alimentación más importante después del arroz, el trigo y el maíz (Bakry et al. 2009, Churchill 2011). También son una fuente importante de ingresos en casi 135 países productores. El banano es un cultivo mundial de fruta, cuya producción para el año 2017 se estimó en 125.3 millones de toneladas, mientras que la producción de plátanos y otros similares se estimó en 35.2

millones para el mismo año (FAOSTAT, 2019). Lo anterior indica que los bananos y plátanos, representan uno de los productos más importantes para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos.

Para los países de la Comunidad Andina los plátanos y bananos revisten una alta importancia, no sólo por su valor agroindustrial y exportador, sino por el significado para la seguridad alimentaria de poblaciones indígenas y afrodescendientes. Colombia y Ecuador siendo dos de los más grandes exportadores de banano en el mundo, Perú logrando posicionarse en mercados europeos por la producción orgánica y casos exitosos de implementación de comercio justo; y Bolivia abasteciendo a países del Cono Sur.

2.1.2.2. La producción de banano en el Perú

En el Perú existen 160 mil hectáreas de producción de plátano y banano, concentrándose más del 70% en la región amazónica. Desde el año 2,000 nuestro país se ha convertido en uno de los principales exportadores de este cultivo permitiendo una mejor calidad de vida de los productores.

Según el Foro Mundial Bananero casi todos los bananos exportados por Perú son orgánicos, representan alrededor del 3% de la producción mundial. En el 2014 la producción ocupó alrededor del 4% de la superficie total de producción del

banano. Esta producción se concentra en las regiones septentrionales de Piura, Tumbes y Lambayeque.

2.1.2.3. Factores que influyen en el desarrollo de la producción de banano orgánico en el Perú

- Bajos niveles de lluvia en las áreas de cultivo, reduciendo significativamente la inversión en drenaje.
- Baja incidencia de Sigatoka Negra.
- Clima húmedo tropical y condiciones meteorológicas favorables.
- Organización de pequeños agricultores, que se han agrupado creando asociaciones, permitiéndoles ser más competitivos en los mercados internacionales, tener un mejor poder de negociación y mejores precios.
- Un acuerdo arancelario beneficioso entre la UE y América Latina, en vigor desde 2012, ha impulsado las exportaciones globales de banano peruano, aumentando también la producción orgánica.

2.2. Estrategia de programación Divide y vencerás

2.2.1. Enfoque de Divide y vencerás

No es un secreto para ningún general que la mejor estrategia es dividir a su enemigo para poder aniquilarlo por separado. Este enfoque es el que debemos adoptar cuando nos referimos a este tipo de estrategia, si sabemos cómo lidiar con un problema pequeño, sabremos cómo hacerlo con el conjunto.

La ley de divide y vencerás se puede interpretar de manera popular como: la división de un territorio en varias partes pequeñas, para luego ocupar y conquistar pieza a pieza, los desintegrados pueden ser diferentes facciones políticas u otras cosas, y luego dejar que se alienen entre sí.

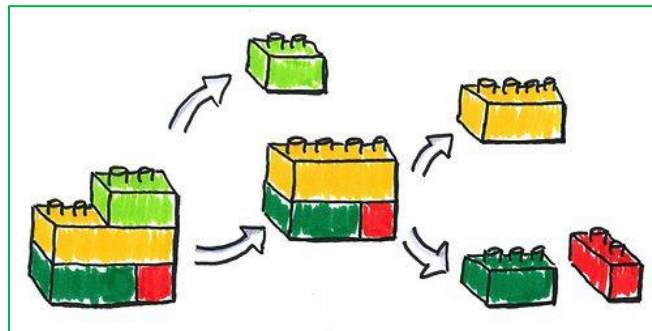


Figura 2.3: Analogía de la estrategia algorítmica con un juego para niños LEGOs.
Fuente: Fotos de o.tacke.

2.1.2. Estrategia de programación: Dividir para vencer

La estrategia divide y vencerás es un algoritmo muy importante. La explicación literal es "divide y vencerás", es decir, dividir un problema complejo en dos o más subproblemas idénticos o similares, y luego dividir los subproblemas en subproblemas más pequeños, hasta los subproblemas finales se puede resolver simple y directamente. La solución del problema

original es la combinación de las soluciones de los subproblemas. Esta técnica es la base de muchos algoritmos eficientes, como los algoritmos de clasificación (clasificación rápida, clasificación por fusión), transformada de Fourier (transformada rápida de Fourier).

La recursión juega un papel fundamental en este tipo de algoritmos. Si tenemos nuestro caso base, que sabemos resolver, devuelve la solución; si no, sigue dividiendo el problema hasta tener el caso base.

2.1.3. Los elementos de la estrategia algorítmica

- **Trivial y solución-trivial:** un problema es trivial si la solución puede darse sin necesidad de descomponer el problema. En tal caso, una función se encarga de dar la solución a un problema de tamaño suficientemente pequeño.
- **Descomponer:** realiza la división del problema en subproblemas. La descomposición exige que los subproblemas sean de menor tamaño que el problema inicial. El tipo de sucesión formada por los sucesivos tamaños del problema y el número de subproblemas determinan la complejidad algorítmica.
- **Combinar:** aplicando el principio de inducción, se dan los subproblemas por resueltos.

En estas condiciones, lo que queda por abordar desde el punto de vista algorítmico es cómo realizar (si es el caso) la combinación de las soluciones de los subproblemas para obtener la solución del problema final. Si no hay que realizar combinación de soluciones el tipo de problema se conoce como reducción.

Capítulo 3

Implementación, resultados y discusión de la monografía

3.1. Implementación

Para la elaboración del sistema de control y propagación de la plaga se consideró la siguiente tabla, que posteriormente se usaron para verificar y comparar con los resultados encontrados a través del programa elaborado en el entorno NetBeans para el lenguaje de programación Java.

Tabla 3.1

Datos ingresados en vectores al sistema de control y prevención.

Distrito	Posición	
	x	y
Alto Piura	4	7
Río Chira	5	8
Perené	6	5
Vitoc	6	2
Chanchamayo	7	4
San Luis de Shuaro	7	
Becerra Belén	7	10
Pampas de Hospital	8	12
Malva	8	7
Corrate	9	6
San Martín	10	3
Río Alto	10	7
Peña	10	11

Fuente: Elaboración propia.

Las principales funciones y operaciones usadas para la implementación del sistema de control y prevención fueron para encontrar la distancia mínima entre los puntos de un plano, por lo que se tomaron en cuenta los datos de la Tabla 3.1, asimismo la función para calcular los distritos cuyas plantaciones se encuentran fuera, dentro o en el límite de la zona perifocal.

```
// Funcion cercano retorna la distancia y almacena en cercanosP pos de los puntos más cercanos
private static double cercano(int ini, int ult, Punto[] t) // t = vector
{
    //
    Punto[] temp1 = new Punto[2];
    Punto[] temp2 = new Punto[2];

    // Reserva espacio de memoria para cantidad total puntos
    Punto[] paux = new Punto[ult - ini + 1];

    double d, d1, d2, d3;
    int dex = 0;

    if (ult - ini == 1)
    {
        cercanosP[0] = new Punto(t[ini].x, t[ini].y);
        cercanosP[1] = new Punto(t[ult].x, t[ult].y);
        finalcer=ini; finalcer2=ult;
        return distancia(t[ini], t[ult]);
    }

    if (ult - ini == 2)
    {
        d1 = distancia(t[ini], t[ini+1]);
        d2 = distancia(t[ini+1], t[ult]);
        d3 = distancia(t[ini], t[ult]);

        if ((d1 <= d2) && (d1 <= d3))
        {
            cercanosP[0] = new Punto(t[ini].x, t[ini].y);
            cercanosP[1] = new Punto(t[ini+1].x, t[ini+1].y);
            finalcer=ini; finalcer2=ini+1;
            return d1;
        }
        else if (d2 <= d3)
        {
            cercanosP[0] = new Punto(t[ini+1].x, t[ini+1].y);
            cercanosP[1] = new Punto(t[ult].x, t[ult].y);
            finalcer=ini+1; finalcer2=ult;
            return d2;
        }
        else
        {
            cercanosP[0] = new Punto(t[ini].x, t[ini].y);
            cercanosP[1] = new Punto(t[ult].x, t[ult].y);
            finalcer=ini; finalcer2=ult;
            return d3;
        }
    }

    int mitad = (ini + ult) / 2;

    d1 = cercano(ini, mitad, t);
    temp1[0] = cercanosP[0];
    temp1[1] = cercanosP[1];

    d2 = cercano(mitad+1, ult, t);
    temp2[0] = cercanosP[0];
    temp2[1] = cercanosP[1];

    if (d1 < d2)
    {
        d = d1;
        cercanosP[0] = temp1[0];
        cercanosP[1] = temp1[1];
    }
    else
    {
        d = d2;
        cercanosP[0] = temp2[0];
        cercanosP[1] = temp2[1];
    }

    for (int i = mitad; i >= ini && (t[mitad].x - t[i].x) < d; i--)
    {
        paux[dex++] = t[i];
    }
    for (int i = mitad+1; i <= ult && (t[i].x - t[mitad].x) < d; i++)
    {
        paux[dex++] = t[i];
    }

    Arrays.sort(paux, 0, dex, new Comparator<Punto>()
    {
        @Override
        public int compare(Punto q1, Punto q2) {
            return (int) (q1.y - q2.y);
        }
    });

    for (int i = 0; i < dex-1; i++)
    {
        for (int j = i+1; j < dex; j++)
        {
            if ((paux[j].y - paux[i].y) >= d)
            {
                break;
            }
            else
            {
                d3 = distancia(paux[i], paux[j]);

                if (d3 < d)
                {
                    cercanosP[0] = new Punto(paux[i].x, paux[i].y);
                    finalcer = i;
                    cercanosP[1] = new Punto(paux[j].x, paux[j].y);
                    finalcer2 = j;
                }
            }
        }
    }

    return d;
}

// Distancia Euclidiana o Haversine - Calcula la distancia entre dos puntos
private static double distancia(Punto p1, Punto p2)
{
    return Math.sqrt(Math.pow(p2.x - p1.x, 2) + Math.pow(p2.y - p1.y, 2));
}
```

Figura 3.1: Función cercano, encuentra los dos puntos más cercanos de un plano y retorna la distancia.

Fuente: Elaboración propia extraída de Netbeans para el Lenguaje Java.

```

// Dentro, fuera y en el límite del radio -----
centro = new Punto[1];
centro[0] = new Punto( p[infect-1].x, p[infect-1].y);

int fuera=0, dentro=0, limite=0, k=0, w=0, m=0;

for ( int i=0 ; i<a.length; i++ )
{
    if ( (p[i]!=p[infect-1]) && (distancia(centro[0], p[i]) > radio)) //Fuera del radio
    {
        fuera++; f[k]=i; k++;
    }
    else if ( (p[i]!=p[infect-1]) && (distancia(centro[0], p[i]) < radio)) //Dentro del radio
    {
        dentro++; d[w]=i; w++;
    }
    else if ( (p[i]!=p[infect-1]) && (distancia(centro[0], p[i]) == radio)) //En el límite del radio
    {
        limite++; l[m]=i; m++;
    }
}
//-----

```

Figura 3.2: Función que dado el radio, encuentra los puntos que están dentro, fuera o en límite de dicha zona perifocal.

Fuente: Elaboración propia extraída de Netbeans para el Lenguaje Java.

3.2 Resultados

Al culminar con la investigación se llegaron a resultados interesantes del punto de vista tanto teórico como en el uso de la estrategia Divide y Vencerás.

Plaga R4T en Plantaciones de Banano			Resultados
-----			-----
Número Total de Distritos: 13			Distrito Infectado: San Luis de Shuaro
1 Distrito: Alto Piura			Zona Perifocal de radio: 300.0 km.
Posición: x: 4.0 y: 7.0			-----
2 Distrito: Río Chira			-De la Zona Perifocal:
Posición: x: 5.0 y: 8.0			.Total de Distritos fuera: 4
3 Distrito: Perené			"Distrito 4 Vitoc
Posición: x: 6.0 y: 5.0			Pos: (6.0 ,2.0)
4 Distrito: Vitoc			"Distrito 8 Malva
Posición: x: 6.0 y: 2.0			Pos: (8.0 ,12.0)
5 Distrito: Chanchamayo			"Distrito 11 San Martín
Posición: x: 7.0 y: 4.0			Pos: (10.0 ,3.0)
6 Distrito: San Luis de Shuaro			"Distrito 13 Peña
Posición: x: 7.0 y: 7.0			Pos: (10.0 ,11.0)
7 Distrito: Becerra Belén			.Total de Distritos dentro: 4
Posición: x: 7.0 y: 10.0			"Distrito 2 Río Chira
8 Distrito: Malva			Pos: (5.0 ,8.0)
Posición: x: 8.0 y: 12.0			"Distrito 3 Perené
9 Distrito: Pampas de Hospital			Pos: (6.0 ,5.0)
Posición: x: 8.0 y: 7.0			"Distrito 9 Pampas de Hospital
10 Distrito: Corrate			Pos: (8.0 ,7.0)
Posición: x: 9.0 y: 6.0			"Distrito 10 Corrate
11 Distrito: San Martín			Pos: (9.0 ,6.0)
Posición: x: 10.0 y: 3.0			.Total de Distritos en el límite: 4
12 Distrito: Río Alto			"Distrito 1 Alto Piura
Posición: x: 10.0 y: 7.0			Pos: (4.0 ,7.0)
13 Distrito: Peña			"Distrito 5 Chanchamayo
Posición: x: 10.0 y: 11.0			Pos: (7.0 ,4.0)
			"Distrito 7 Becerra Belén
			Pos: (7.0 ,10.0)
			"Distrito 12 Río Alto
			Pos: (10.0 ,7.0)
	-Del distrito infectado:		
	El más cercano:		
	.El Distrito 9 : Corrate con Pos: (8.0,7.0)		
	La mínima distancia es: 100.0 Km.		
	El más lejano:		
	.El Distrito 9 : Chanchamayo con Pos: (6.0,2.0)		
	La máxima distancia es: 509.9019513592784 Km.		
	-De todos los distritos los más cercanos son:		
	.Distrito: Vitoc con Pos: (7.0,7.0)		
	.Distrito: Chanchamayo con Pos: (8.0,7.0)		
	La distancia mínima es: 141.4213562373095 Km.		
	-Dentro de la zona perifocal:		
	Los más cercanos:		
	.Distrito: Pampas de Hospital con Pos: (8.0,7.0)		
	.Distrito: Corrate con Pos: (9.0,6.0)		
	La distancia mínima es: 141.4213562373095 Km.		
	Se RECOMIENDA acudir a los Distritos a FUMIGAR y evitar la propagación de la PLAGA.		

Figura 3.3: Resultados de las principales funciones.

Fuente: Elaboración propia extraída de de Netbeans para el Lenguaje Java.

Implementación del Sistema de control y prevención de la plaga R4T en Interfaz Gráfica en el entorno Netbeans usando lenguaje Java., brindándole al usuario, una implementación amigable y accesible para usar.

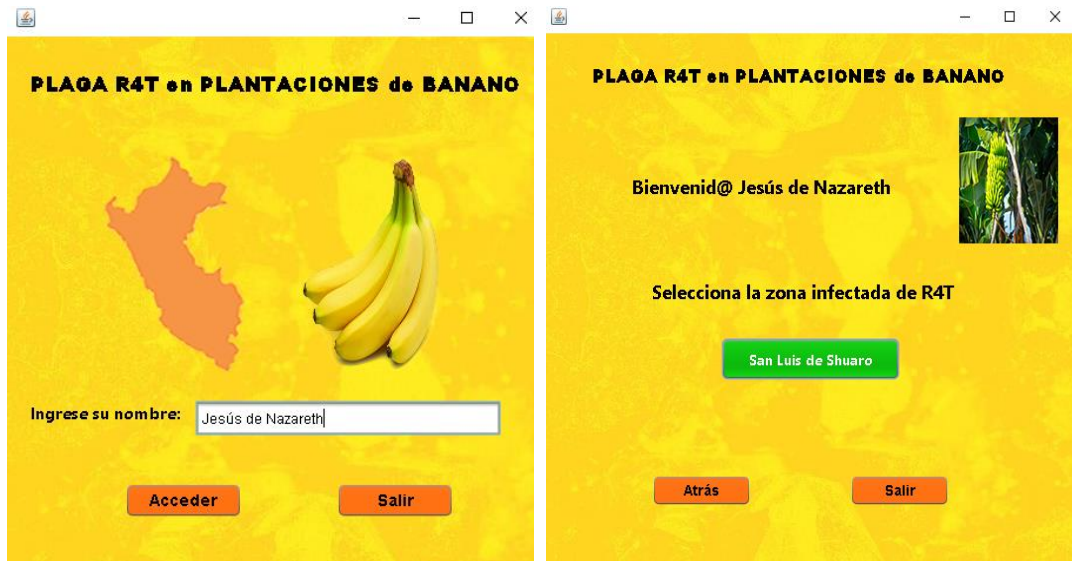


Figura 3.4: Resultados de la Ventana Principal y Secundaria.

Fuente: Elaboración propia extraída del entorno Netbeans usando lenguaje Java.

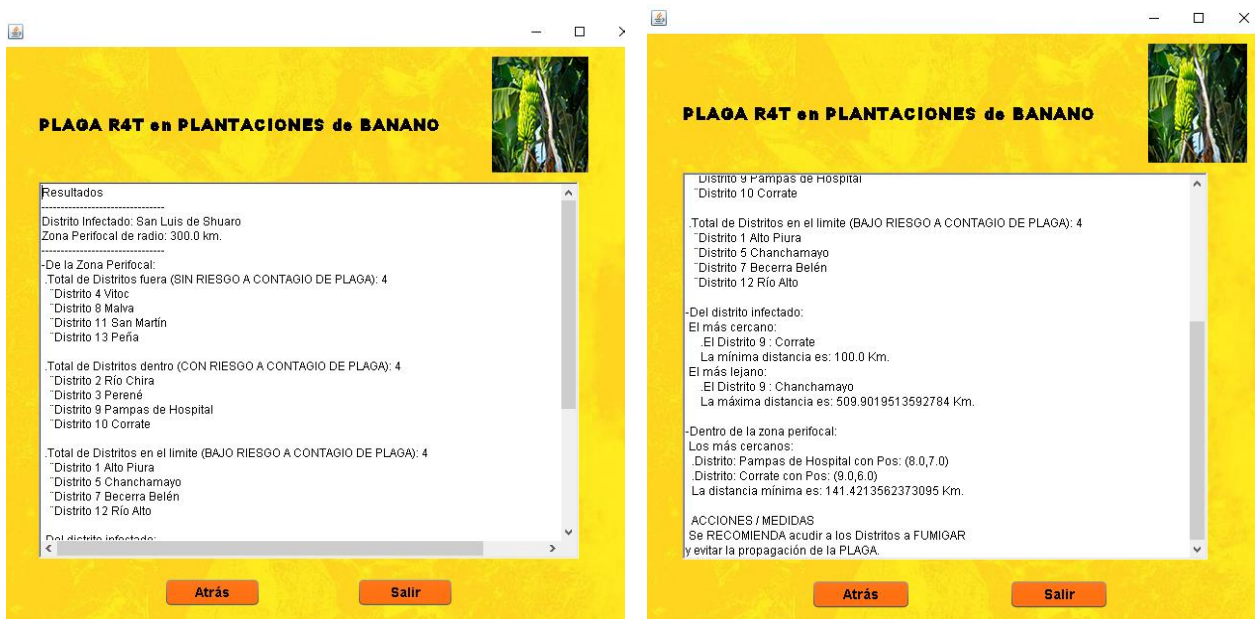


Figura 3.5: Resultados de tercera ventana con los resultados del distrito y su zona perifocal
Interfaz Gráfica.

Fuente: Elaboración propia extraída del entorno Netbeans usando lenguaje Java.

3.2. Discusión

En el presente trabajo se obtuvieron los resultados tomando los datos de los 13 distritos donde hay plantaciones de bananos enfocados en el Departamento de Amazonas y otros departamentos cercanos de nuestro país. Del mismo modo se obtuvo que de los datos proporcionados en la **Tabla 3.1**, haciendo uso del paradigma de la estrategia Divide y vencerás, impulsando nuevas formas de establecer datos y brindar información a través de los resultados como se observa en la Figura , se obtiene que teniendo como punto y foco de infección al Distrito de San Luis de Shuaro, se encontró que los distritos con RIESGO A CONTAGIO son: Río Chira, Perené, Pampas de Hospital y Corrate, evaluados según el radio establecido de la zona Perifocal, además se recomienda tomar acción frente a estas localidades lo que implica un llamado a los agricultores y autoridades. Además, los distritos que están fuera de la zona Perifocal presentan SIN RIESGO DE CONTAGIO, y los que se encuentran en el límite BAJO RIESGO DE CONTAGIO.

De forma similar Capitan Chaname (2020) de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, realizó un trabajo de Investigación sobre el problema de la cantidad de producción perdida, ya que el banano desechable con daños irreversibles ya no sirve para exportación. Implementando un Sistema experto para determinar el diagnóstico de enfermedades en el cultivo de Banano, permita a ayudar a disminuir el número de bananos con daños irreversibles producidos en la Empresa Ana Banana de Piura.

Tanto en dicha investigación como en la presente se usó Java, NetBeans.

Capítulo 4

Consideraciones finales

4.1. Conclusiones

- Se logró desarrollar un sistema estándar de control y prevención usando la estrategia de programación divide y vencerás para evitar la propagación de la plaga *Fusarium Oxysporum* f.sp. cubense Raza 4 Tropical (R4T), a través de una plataforma de gestión de información que, proporcione a autoridades, compañías agrícolas y ciudadanos, información de calidad, confiable y oportuna sobre la situación actual de la plaga R4T en nuestro país.
- Se implementó funciones y operaciones usando la estrategia de programación Divide y vencerás, además haciendo uso de esta estrategia se logró separar el problema en subproblemas que se parecen al problema original y además de manera recursiva se resolvió los subproblemas que permitieron encontrar resultados sobre la plaga R4T en nuestro país y por tanto con esos resultados lograr controlar la propagación de esta enfermedad y tomar acciones frente a resultados que indiquen que está dañando a zonas aledañas.

4.2. Trabajos futuros y recomendaciones

A partir del presente trabajo se puede continuar con las siguientes investigaciones:

- Se propone ampliar la investigación, para conocer el tiempo de fumigación para cada cultivo, los horarios de visita técnica e inspección también determinar las hectáreas de cultivo afectada por la plaga R4T.
- Se propone que este sistema sea usado por autoridades, compañías agrícolas y asociaciones especializadas en análisis de control y prevención de las plagas que afecten a el banano de ese modo se podrá tener perspectivas diferentes y futuros cambios al presente trabajo.

Referencias bibliográficas

- Bakry, F., et al. (2009). Genetic improvement of banana. Breeding plantation tree crops: tropical species, Springer: 3-50.
- Bancroft, J. (1876). "Report of the board appointed to enquire into the cause of disease affecting livestock and plants." Votes and Proceedings 1877.(3): 1011-1038.
- FAOSTAT (2019). <http://faostat.org/>.
- Li, C., et al. (2012). "Transcriptome profiling of resistant and susceptible Cavendish banana roots following inoculation with *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense tropical race 4." BMC Genomics 13(1): 374.
- Maryani, N. (2018). "A complex relationship: banana & *Fusarium* wilt in Indonesia." Wageningen University
- Ordóñez, N., et al. (2015). "Worse Comes to Worst: Bananas and Panama Disease—When Plant and Pathogen Clones Meet." PLoS pathogens 11(11).
- Ploetz, R. C. (2000). "Panama disease: A classic and destructive disease of banana." Plant
- Ploetz, R. C. (2006). "Fusarium Wilt of Banana Is Caused by Several Pathogens Referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense." Phytopathology 96(6): 653-656.
- Ploetz, R. C. (2015). "Management of *Fusarium* wilt of banana: A review with special reference to tropical race 4." Crop Protection 73: 7-15.
- Stover, R. (1962). Kew, Surrey, UK: Commonwealth Mycological Institute.