



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

ESTRATEGIAS
ALGORÍTMICAS

Mendez Cruz Angely
Mendez Cruz Ciara

Realidad Problemática

- En nuestro país, en América Latina y a nivel mundial, existe una amenaza con fuerte presencia entre los mayores productores y exportadores de banano del mundo. Debido a que enfrentan a una plaga que castiga a un cultivo clave para la seguridad alimentaria global y la subsistencia de millones de pequeños productores.
- Según Diario Gestión (2019), la posible presencia de la plaga Fusarium en una plantación de banano del país vecino, obligó a Ecuador a acudir al Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), solicitando una rápida intervención.
- A nivel nacional, 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.
- 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 usando Estrategia de Programación Divide y Vencerás ?



Comando Técnico Regional para la contención de R4T - Piura

Justificación

Por lo que surge el propósito de resolver la problemática, el cual es evitar la propagación de la plaga y perdidas en los cultivos de plantaciones de banano, de ese modo evitar su crecimiento en hectáreas de terreno del hongo Fusarium Raza 4, previniendo pérdidas económicas y daños a los productores agrícolas.



Contaminación a la quebrada Siphoc, Ancash (2018)

Objetivos

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 sobre la situación actual de la plaga R4T en nuestro país.

Específicos

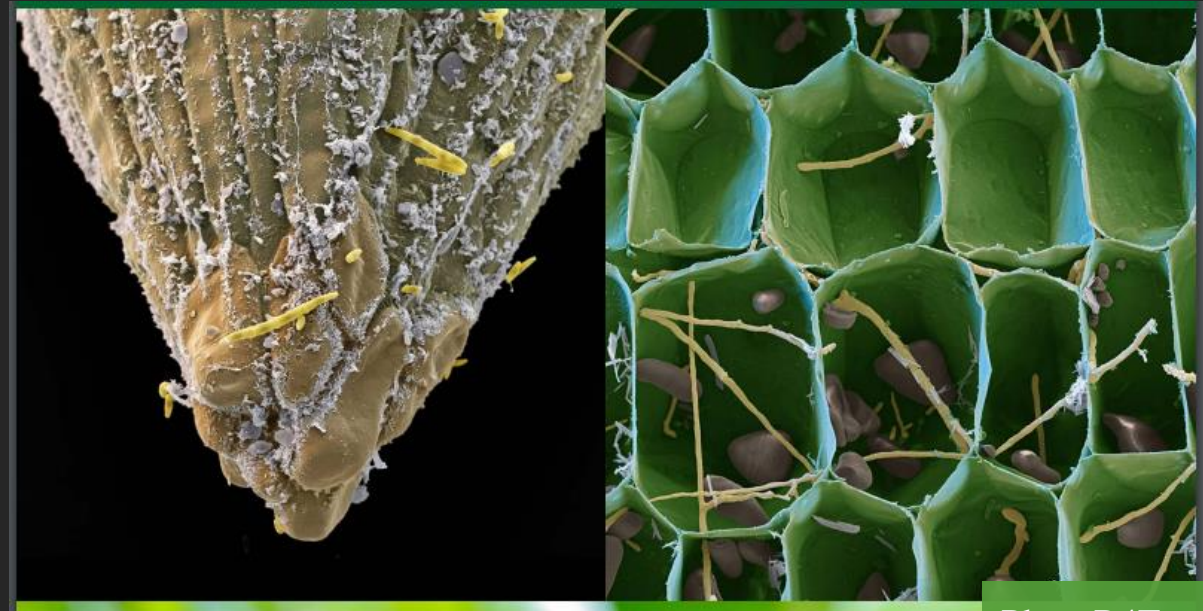
- Emplear la estrategia de programación, divide y vencerás para la creación del sistema de control y prevención, ya que esta estrategia separa el problema en subproblemas que se parecen al problema original y además de manera recursiva resuelve los subproblemas y combina las soluciones.
- Controlar la propagación de la plaga R4T y así prevenir el ingreso de la enfermedad a cultivos que se encuentren en el área periférica de la zona infectada y que, perjudiquen la seguridad

alimentaria del país y la subsistencia de miles de pequeños productores agrícolas.



Plaga R4T

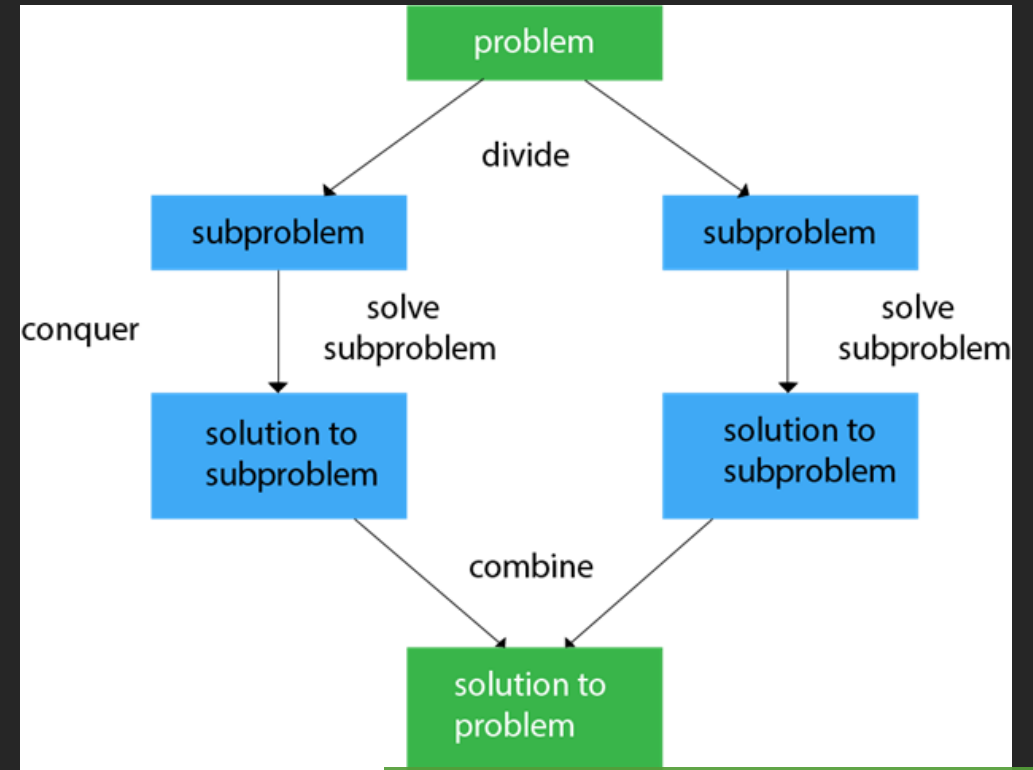
- Según la Secretaría Andina de la Comunidad Andina (2020), menciona que el R4T tiene la capacidad de ocasionar, en clones de Cavendish, la enfermedad conocida como Marchitez/Marchitamiento del banano, Fusariosis del banano o coloquialmente Mal de Panamá, y puede permanecer en el suelo hasta por 30 años, atacando las raíces de la variedad de banano.



Plaga R4T

Divide y vencerás

- Según la Enciclopedia libre en Español Wikipedia, en informática, divides 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.



Esquema Algoritmo – Divide y Vencerás

Método

1. Evaluación e investigación de la Realidad Problemática sobre la Propagación de la Plaga R4T y la ubicación de los cultivos.

2. Registro de todas las coordenadas de los cultivos de banano en el Departamento de Amazonas.

3. Elaboración de los mapas de ubicación y de la implementación del par cercano usando la estrategia Divide y Vencerás.

Implementación

```
// 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++;
    }
}
//-----
```

```
// 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;
        }
    }
}
```

```
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;
            }
        }
    }
}

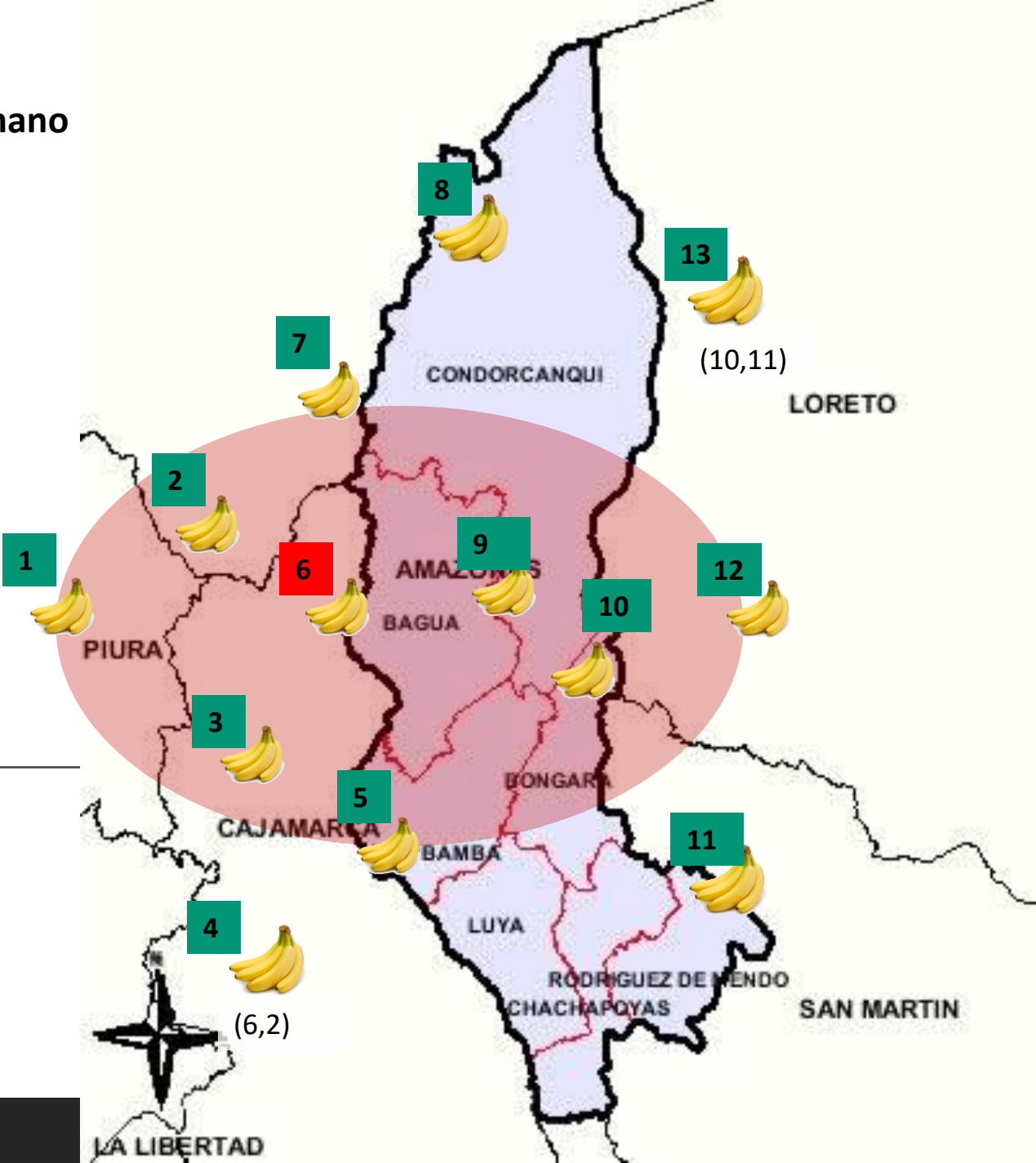
return d;
}

// 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));
}
}
```

Elaboración propia Netbeans

Mapa Plantaciones de Banano

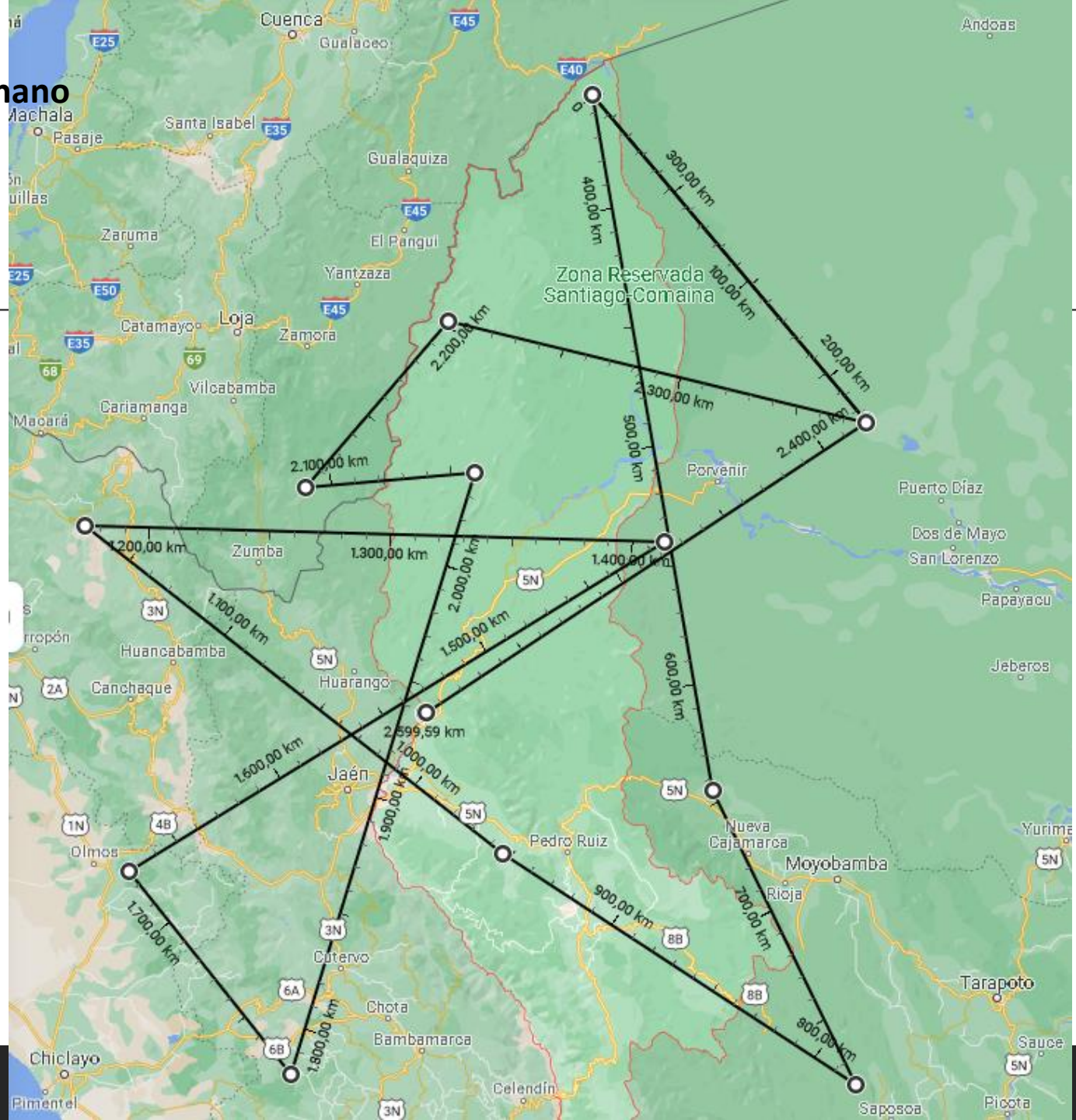
Departamento Amazonas



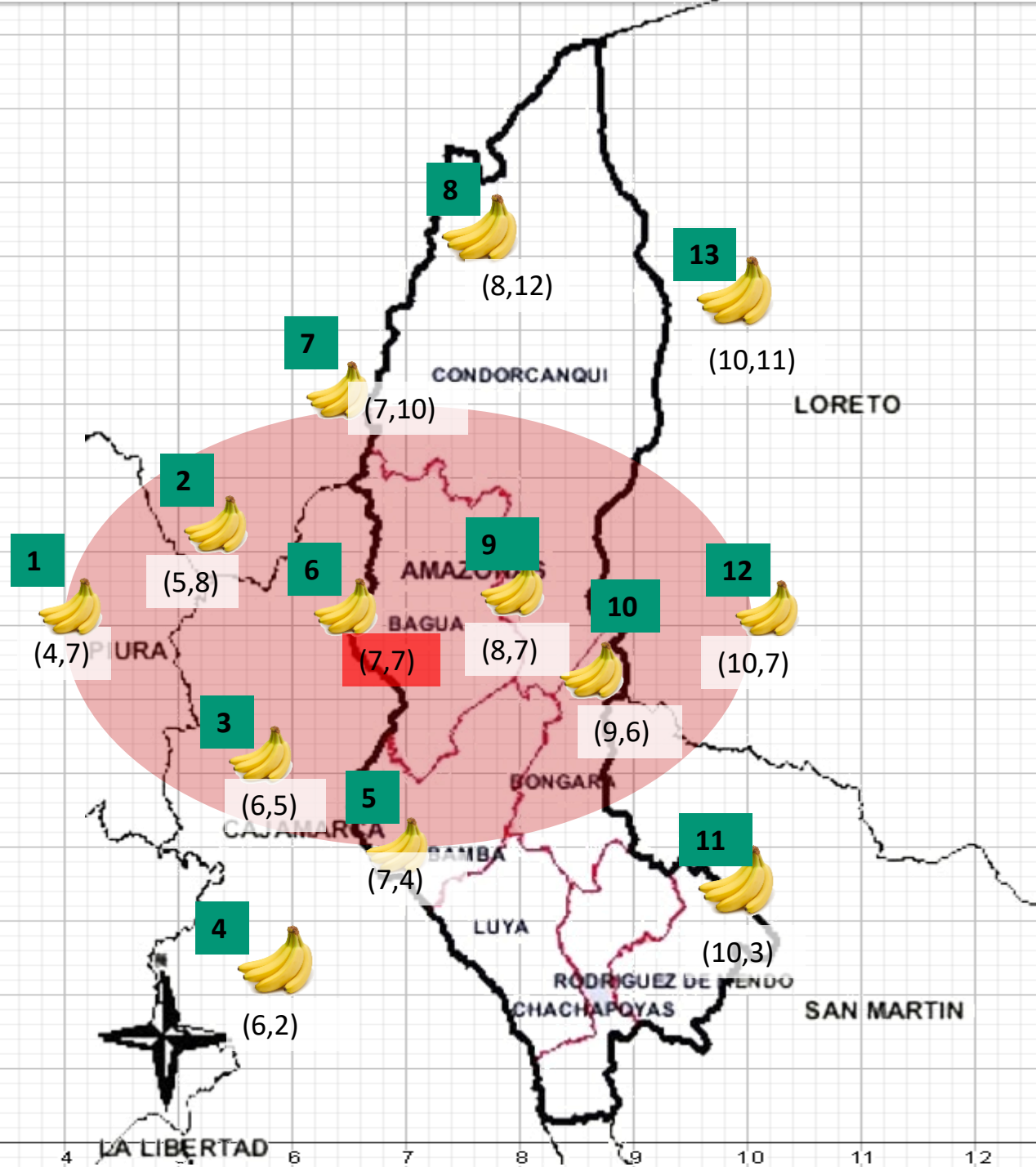
-  Punto Infectado
-  Plantaciones Banano
-  Zona Perifocal


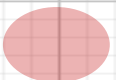
Departamento Amazonas

Referencia Google Maps

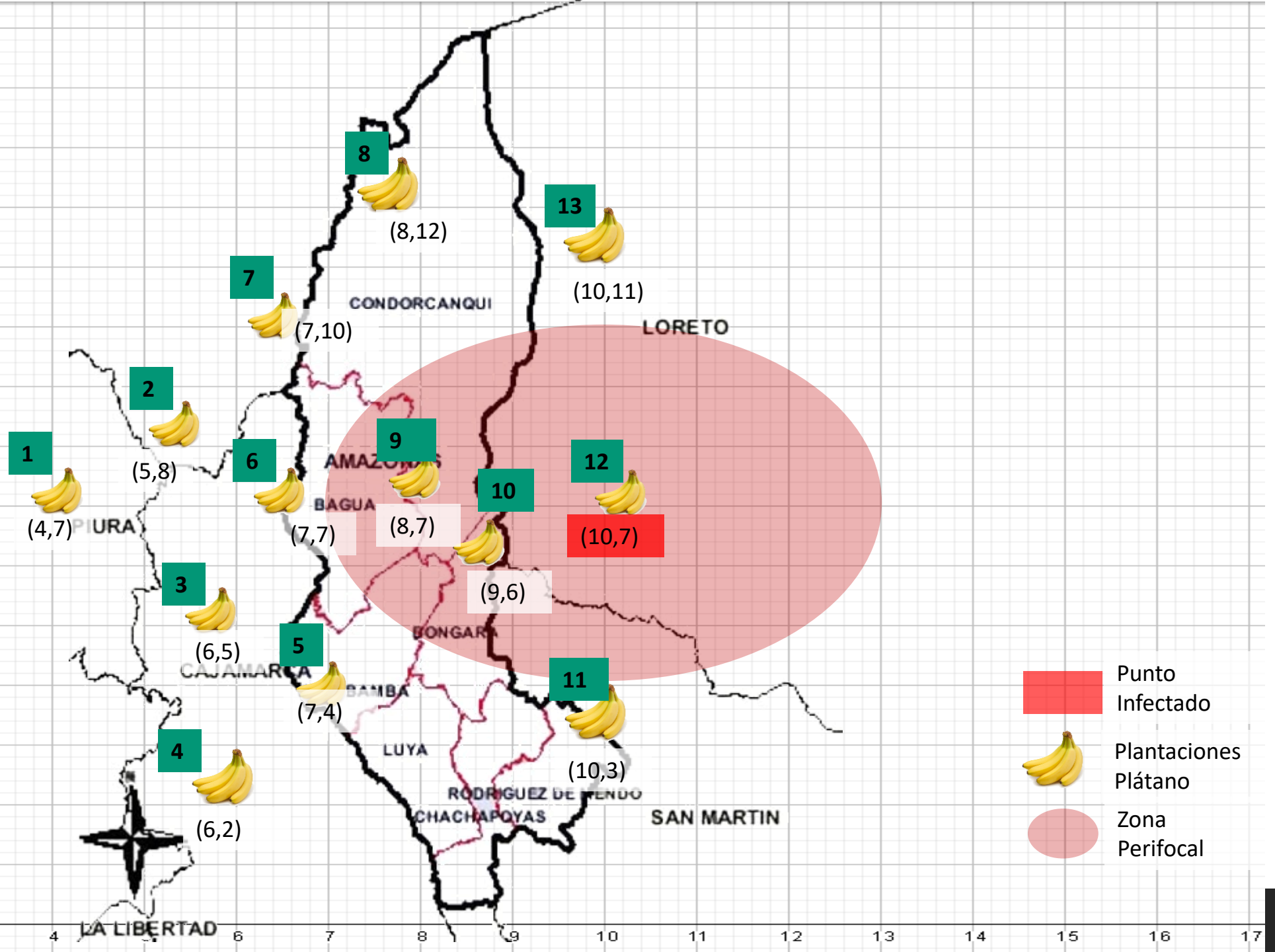


Departamento Amazonas



-  Punto Infectado
-  Plantaciones Plátano
-  Zona Perifocal

Departamento Amazonas



Resultados

```
| Plaga R4T en Plantaciones de Banano |
-----
Número Total de Distritos: 13

1 Distrito: Alto Piura
Posición: x: 4.0 y: 7.0

2 Distrito: Río Chira
Posición: x: 5.0 y: 8.0

3 Distrito: Perené
Posición: x: 6.0 y: 5.0

4 Distrito: Vitoc
Posición: x: 6.0 y: 2.0

5 Distrito: Chanchamayo
Posición: x: 7.0 y: 4.0

6 Distrito: San Luis de Shuaro
Posición: x: 7.0 y: 7.0

7 Distrito: Becerra Belén
Posición: x: 7.0 y: 10.0

8 Distrito: Malva
Posición: x: 8.0 y: 12.0

9 Distrito: Pampas de Hospital
Posición: x: 8.0 y: 7.0

10 Distrito: Corrate
Posición: x: 9.0 y: 6.0

11 Distrito: San Martín
Posición: x: 10.0 y: 3.0

12 Distrito: Río Alto
Posición: x: 10.0 y: 7.0

13 Distrito: Peña
Posición: x: 10.0 y: 11.0
```

```
-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.
```

```
Resultados
-----
Distrito Infectado: San Luis de Shuaro
Zona Perifocal de radio: 300.0 km.
-----
-De la Zona Perifocal:
.Total de Distritos fuera: 4
.Distrito 4 Vitoc
Pos: (6.0 ,2.0)
.Distrito 8 Malva
Pos: (8.0 ,12.0)
.Distrito 11 San Martín
Pos: (10.0 ,3.0)
.Distrito 13 Peña
Pos: (10.0 ,11.0)
.Total de Distritos dentro: 4
.Distrito 2 Río Chira
Pos: (5.0 ,8.0)
.Distrito 3 Perené
Pos: (6.0 ,5.0)
.Distrito 9 Pampas de Hospital
Pos: (8.0 ,7.0)
.Distrito 10 Corrate
Pos: (9.0 ,6.0)
.Total de Distritos en el limite: 4
.Distrito 1 Alto Piura
Pos: (4.0 ,7.0)
.Distrito 5 Chanchamayo
Pos: (7.0 ,4.0)
.Distrito 7 Becerra Belén
Pos: (7.0 ,10.0)
.Distrito 12 Río Alto
Pos: (10.0 ,7.0)
```

PLAGA R4T en PLANTACIONES de BANANO



Ingrese su nombre:

Acceder **Salir**

PLAGA R4T en PLANTACIONES de BANANO



Bienvenid@ Jesús de Nazareth

Selecciona la zona infectada de R4T

San Luis de Shuaro

Atrás **Salir**

PLAGA R4T en PLANTACIONES de BANANO



Resultados

Distrito Infectado: San Luis de Shuaro
Zona Perifocal de radio: 300.0 km.

-De la Zona Perifocal:
.Total de Distritos fuera (SIN RIESGO A CONTAGIO DE PLAGA): 4
.Distrito 4 Vitoc
.Distrito 8 Malva
.Distrito 11 San Martín
.Distrito 13 Peña

.Total de Distritos dentro (CON RIESGO A CONTAGIO DE PLAGA): 4
.Distrito 2 Río Chira
.Distrito 3 Perené
.Distrito 9 Pampas de Hospital
.Distrito 10 Corrate

.Total de Distritos en el limite (BAJO RIESGO A CONTAGIO DE PLAGA): 4
.Distrito 1 Alto Piura
.Distrito 5 Chanchamayo
.Distrito 7 Becerra Belén
.Distrito 12 Río Alto

Del distrito infectado:

Atrás **Salir**

PLAGA R4T en PLANTACIONES de BANANO



Distrito 9 Pampas de Hospital
Distrito 10 Corrate

Total de Distritos en el limite (BAJO RIESGO A CONTAGIO DE PLAGA): 4
.Distrito 1 Alto Piura
.Distrito 5 Chanchamayo
.Distrito 7 Becerra Belén
.Distrito 12 Río Alto

-Del distrito infectado:
El más cercano:
.El Distrito 9 : Corrate
La mínima distancia es: 100.0 Km.
El más lejano:
.El Distrito 9 : Chanchamayo
La máxima distancia es: 509.9019513592784 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.

ACCIONES / MEDIDAS
Se RECOMIENDA acudir a los Distritos a FUMIGAR
y evitar la propagación de la PLAGA.

Atrás **Salir**

Discusión

- Se obtuvo 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, se recomienda tomar acción frente a estas localidades lo que implica un llamado a los agricultores y autoridades, para realizar actividades de prevención, como la fumigación. Los distritos que están fuera de la zona Perifocal presentan **SIN RIESGO DE CONTAGIO**, en el límite **BAJO RIESGO DE CONTAGIO**, por lo que el usuario puede interpretar como una advertencia para evitar contraer la plaga R4T.
- Según Capitan Chaname (2020), 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.



Sistema Experto Diagnóstico de Enfermedades (2020)

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) que, proporcione a autoridades, compañías agrícolas y ciudadanos, información de calidad sobre la situación actual de la plaga R4T en nuestro país.
- Se implementó funciones y operaciones usando la estrategia de programación Divide y vencerás, 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 escenarios que indiquen que está dañando a zonas aledañas.



Fácil de propagar y difícil de eliminar, la nueva plaga que amenaza el banano.

Trabajos futuros y recomendaciones

- 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.



Plantaciones de bananos en peligro ante posible presencia de Fusarium Raza 4 tropical en Piura.



Cultivos de bananos infectados

¡Gracias!