

Las comunicaciones de datos por radiofrecuencia en las selvas de Misiones ¿Son posibles?

Sergio Moya, Javier Kolodziej, José Szychowski, Gonzalo Frías

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

GID-IE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

Wildlife Sensor, Leandro N. Alem, Misiones, Argentina

sergio.e.moya@gmail.com

Resumen

Las comunicaciones por radiofrecuencia han sido probadas y utilizadas en distintos equipos electrónicos y para las más diversas aplicaciones que podamos imaginar. Sin embargo, a la hora de evaluar la calidad o posibilidad de establecimiento de un enlace en ambientes de selva húmeda, no se cuenta con ensayos o reportes técnicos de fabricante o terceros, que permitan estimar las distancias máximas y tasas de errores posibles en estos ambientes. Este trabajo busca poner a prueba en ambiente selvático y húmedo, diversos módulos de radiofrecuencias de baja potencia disponibles en el mercado nacional y funcionales a distintas bandas de frecuencias. Los resultados se contrastan con enlaces efectuados en ambiente urbano, comparando las distancias máximas, potencia recibida y relación señal ruido para así estimar los efectos de la vegetación selvática en la atenuación de las ondas de radio.

Palabras Clave – comunicaciones inalámbricas, selva de misiones, monitoreo de biodiversidad.

1. Introducción

En la provincia de Misiones existen en estado de conservación los últimos remanentes extensos de Selva Paranaense, un bioma amenazado a nivel mundial y del cual solamente queda menos del 10% de su extensión original [1]. En esta selva, del tipo subtropical y húmeda, se realizan diversos estudios vinculados a la biodiversidad, como monitoreo de fauna por cámaras trampa [2], equipos de grabación de audio [3] [4] y monitoreo remoto de actividad ilegal [5]. Entre todos estos trabajos y estudios, existe un gran potencial vinculado al monitoreo en tiempo real o transmisión de reportes de manera inalámbrica, utilizando para ello sistemas de comunicación por radiofrecuencia de baja potencia, que puedan ser instalados en lugares remotos sin acceso a la red de distribución eléctrica. El principal desafío a encarar para el desarrollo e implementación de estos sistemas de comunicación de datos es la ausencia concreta de información sobre trabajos similares que hayan sido implementados previamente. Si bien existen sistemas de reporte de datos para equipos de cámara trampa instalados en ambientes naturales, estos trabajan utilizando las redes de telefonía celular, las cuales en el mayor de los casos no tienen cobertura en los lugares más agrestes y aislados de Misiones.

Teniendo esto en cuenta, y con la necesidad de evaluar la posibilidad de lograr enlaces de comunicación inalámbrica en los ambientes selváticos locales, durante el año 2019 y como proyecto de finalización de la carrera de Ingeniería Electrónica, se han fabricado dos transceptores de radiofrecuencia portátiles, en los cuales se han colocado cuatro módulos comerciales de la marca Xbee y LoRa, funcionales a distintas bandas de frecuencia y potencia. Uno de estos transceptores

posee además un módulo GPS y la capacidad de almacenamiento de datos en una tarjeta SD, en donde quedan guardados los datos de posición y variables de recepción de los módulos de comunicación para ser analizados a posterior. El módulo receptor se muestra en la Figura 1, donde se especifican además cada uno de los módulos transceptores utilizados en los ensayos presentados en este trabajo. Los ensayos de comunicación de los transceptores fueron realizados tanto en ambiente urbano, en la ciudad de Oberá (Misiones) como también en ambiente selvático, en este caso en la reserva de usos múltiples Guaraní (RUMG) de la Universidad Nacional de Misiones.

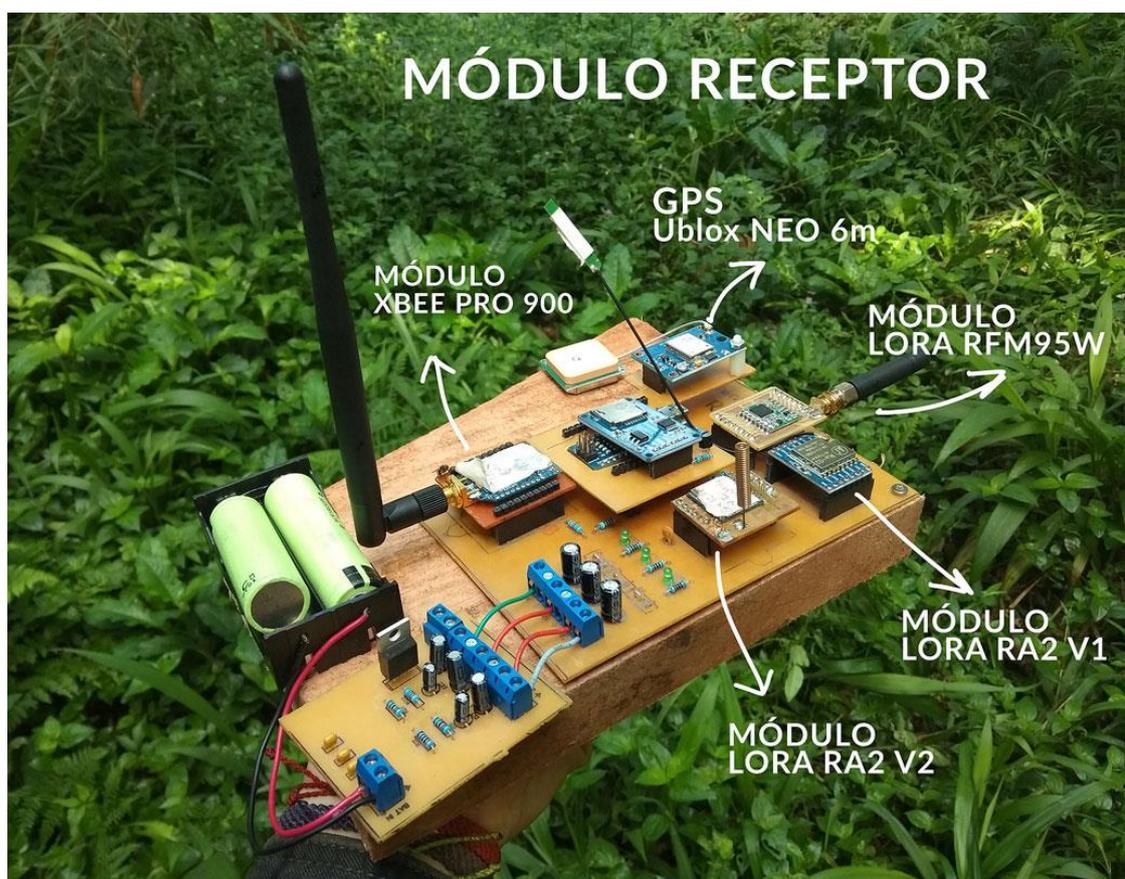


Fig. 1. Módulo transceptor implementado como receptor portátil y móvil. Fotografía en la RUMG, durante los ensayos.

2. Módulos transceptores fabricados

Para poder realizar los ensayos de comunicación en campo se debieron fabricar dos equipos transceptores portátiles capaces de funcionar con baterías y a tensiones reguladas. Si bien ambos módulos son iguales en cuanto al tipo de componentes y capacidades de comunicación, uno de ellos fue implementado como móvil, pues incluye un módulo GPS y de tarjeta de memoria tipo SD-card en donde se almacenan los datos de posicionamiento en tiempo real del equipo (Figura 1). Los

módulos de comunicación por radiofrecuencia utilizados en cada tranceptor, como así sus especificaciones técnicas más importantes se detallan a continuación:

Tabla 1: Módulos de comunicación por RF utilizados en el ensayo y especificaciones técnicas.

Módulo (nombre comercial)	Frecuencia de trabajo	Potencia Transmisión
Transceptor LORA Ra02 V1	410 – 525 MHz	+17 dBm (63mW)
Transceptor LORA Ra02 V2	410 – 525 MHz	+20 dBm (100mW)
Transceptor LORA RFM95W	862 – 1020 MHz	+13 dBm (19mW)
Xbee Pro 900	902-928MHz	+17 dBm (50mW)

De esta forma, utilizando los módulos listados en la Tabla 1, se procedió a montar dos placas transceptoras móviles y portátiles gestionadas y controladas por un procesador del tipo Arduino, específicamente un Arduino NANO. Como se comentó, uno de los transceptores posee un módulo de posicionamiento global GPS Ublox NEO 6m y una tarjeta de memoria en donde se almacenan datos de posición (cada vez que se recibe un dato correctamente) mientras el equipo se mueve por el campo. La otra placa transceptora, si bien es portátil, permanece inmóvil durante las tomas de datos. En la Figura 2 y 3 se muestra el diagrama esquemático de ambos sistemas de comunicación.

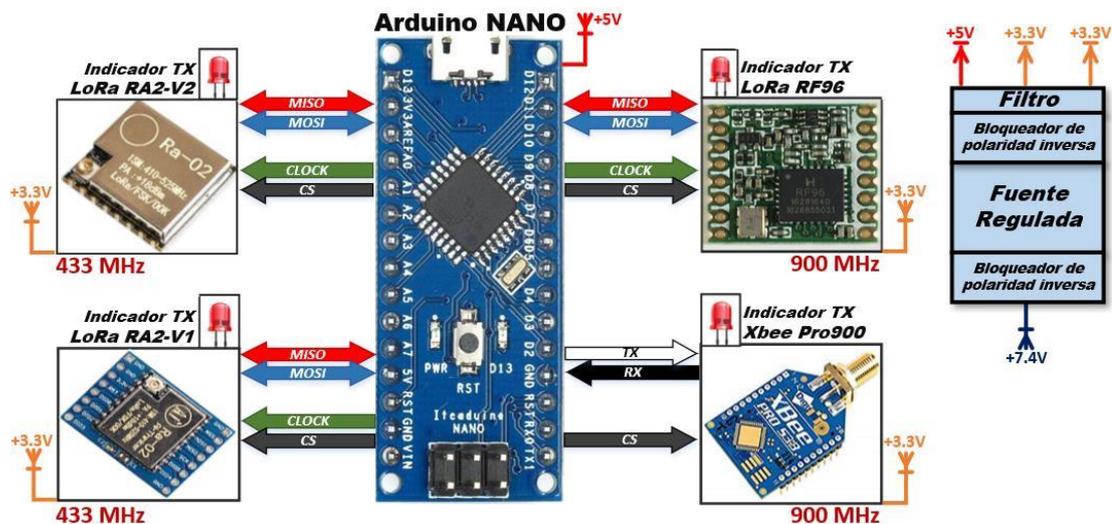


Fig. 2. Diagrama de bloques de la placa transceptora que permanece inmóvil durante ensayos.

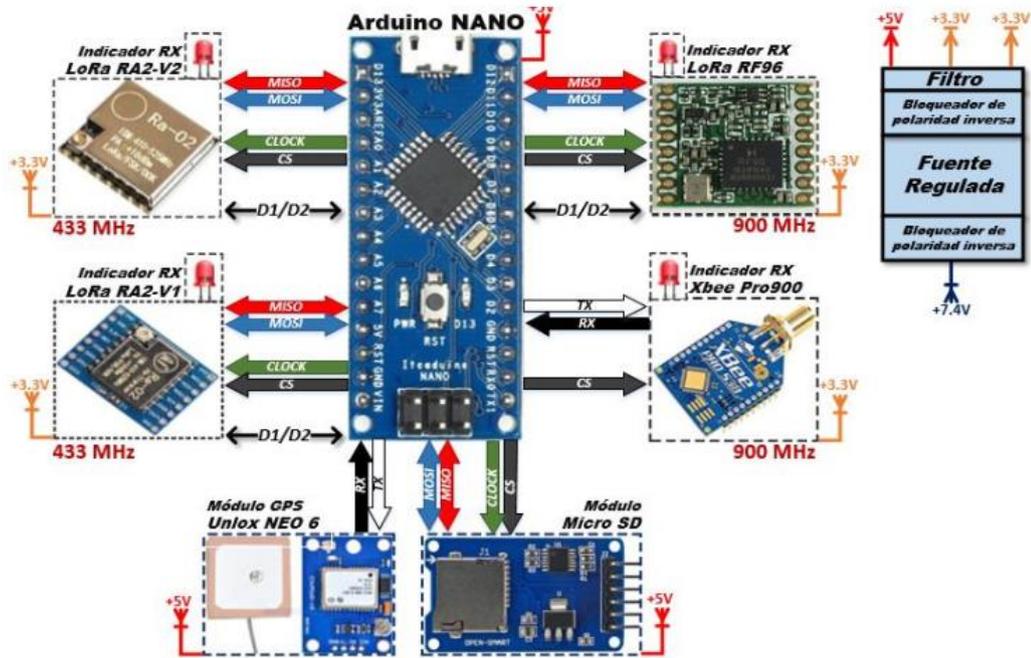


Fig. 3. Diagrama de bloques de la placa transceptora móvil. Notar la adición de módulos GPS y SD card.

3. Resultados de transmisiones en ambiente urbano

Previo a los ensayos de comunicación en el interior de la selva, se evaluó el desempeño de los módulos en ambiente urbano, para así tener una aproximación a las distancias máximas estimadas para cada uno de ellos y verificar el funcionamiento de todo el sistema. Para realizar los ensayos, se encienden ambas placas y se verifica la recepción de los datos con LEDs vinculados a cada módulo, los cuales se encienden al recibir un paquete de datos correctamente. Luego, conforme la placa móvil se aleja del punto de partida, estos LEDs comienzan a indicar la pérdida de recepción al no encenderse. El ensayo termina en el momento en que todos los LEDs permanecen apagados, indicando esto que se ha llegado a la máxima distancia de comunicación posible. El primer ensayo se realizó en ambiente urbano, específicamente en las inmediaciones del Parque de las Naciones, de la ciudad de Oberá, en Misiones, cuyo recorrido de prueba se puede ver en la Figura 4.



Fig. 4. Ensayo de comunicación en ambiente urbano. Punto inicial y final del recorrido.

En la Figura 5, se pueden observar los puntos GPS adquiridos de cada módulo durante el recorrido. Debido a que los puntos GPS se guardan en memoria una vez que se recibe un dato correcto, la densidad y presencia de estos puntos GPS en el mapa pueden ser considerados como una aproximación a la capacidad de recepción y transmisión del módulo en ese punto.



A) Módulo LORA Ra02V1



B) Módulo LORA Ra02V2



C) Módulo LORA RFM95



C) Módulo Xbee PRO 900

Fig. 5. Puntos GPS obtenidos de cada módulo durante la prueba de comunicación en ambiente urbano.

Puede verse en la Figura 5 que todos los módulos pudieron recibir casi uniformemente los datos durante la mayoría del recorrido establecido, aunque el módulo Xbee PRO 900 (Figura 5 C) logró una mayor distancia respecto a los módulos LORA.

A continuación, en la Figura 6 se muestran los datos de recepción de la indicación de la fuerza de la señal recibida, o RSSI (siglas del inglés *Received Signal Strength Indicator*) y la relación señal ruido, o SNR (del inglés *signal to noise ratio*). Debe hacerse notar que el módulo XBee PRO 900 no permite obtener estos datos para ser almacenados en memoria, por lo que los valores de RSSI y SNR solo están disponibles en los módulos LORA.

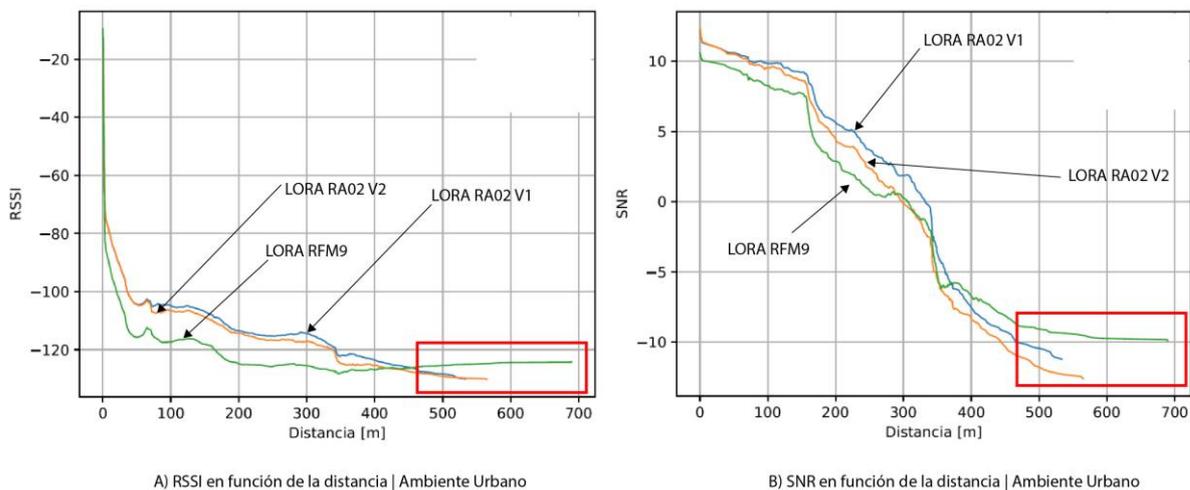
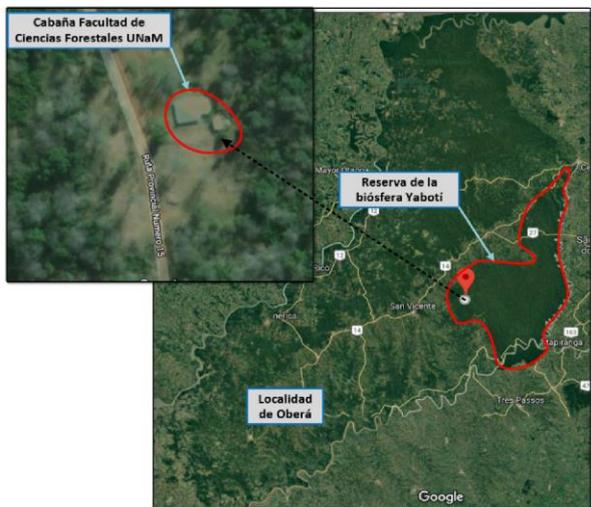


Fig. 6. RSSI y SNR de transceptores LORA en ensayo de comunicación urbano.

Como se puede observar en la Figura 6, la potencia de la señal recibida decrece fuertemente conforme se aumenta la distancia de comunicación. De manera equivalente, el ruido del canal aumenta significativamente para mayores distancias. En resumen, de la Figura 6 se puede ver que el módulo LORA que logró mayor alcance fue el RFM9 con una distancia máxima de 690 metros. Esta ventaja en longitud de enlace se resaltó en un recuadro rojo en los gráficos.

4. Resultados de transmisiones en ambiente selvático

A continuación se describen los resultados obtenidos en ensayos de comunicación en ambiente selvático. Dichos ensayos fueron realizados en la reserva de Usos Múltiples Guaraní (RUMG) de la Universidad Nacional de Misiones. La selva de este lugar puede catalogarse como primaria y secundaria y con gran cantidad de tacuaras e imponente frondosidad y humedad, lo convierte el lugar en un desafío para las comunicaciones inalámbricas. Además de esto, la zona posee desniveles que dificulta aún más las comunicaciones. La Figura 7 posiciona el lugar de los ensayos dentro de la provincia de Misiones.

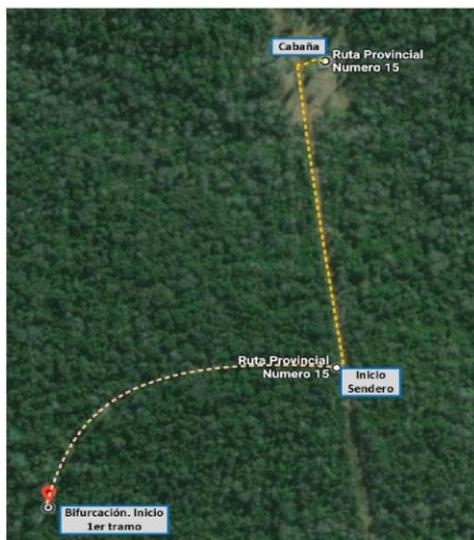


A) Localización de la RUMG en la provincia de Misiones



B) Ambiente natural donde se hicieron los ensayos

Fig. 7. A) Localización en la provincia de Misiones de la RUMG y punto donde se hicieron los ensayos. B) Densidad vegetal con gran presencia de Tacuapí (*Merostachys clausenii*).



A) En rojo el punto de inicio de los recorridos de prueba



B) José Szychowski (izq.) y Gonzalo Frías (der.) probando los módulos

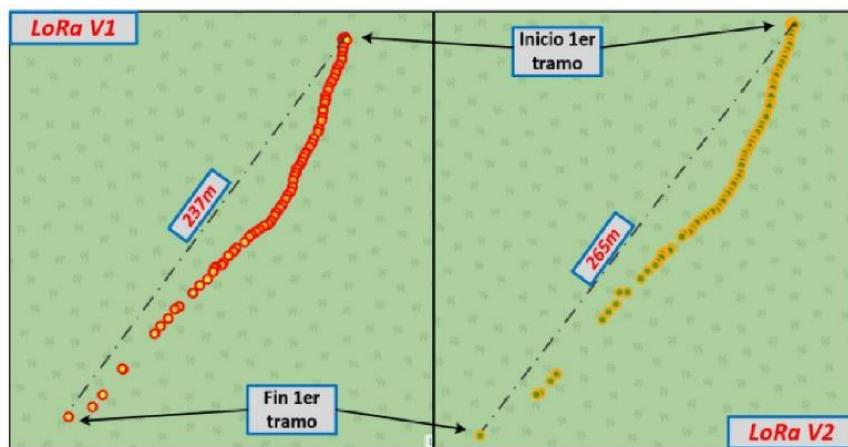
Fig. 8. A) Punto de partida para los ensayos. B) Alumnos iniciando y probando los módulos antes de comenzar el recorrido de medición.

Los ensayos se realizaron a las primeras horas de la mañana, en un ambiente de gran densidad vegetal principalmente debido a la presencia de tacuaras de la especie Tacuapí (*Merostachys clausenii*), que se pueden observar en la Figura 7 B. Los ensayos consistieron en fijar un punto de partida, intentando alejarnos lo máximo posible de cualquier intervención humana en el ambiente (caminos rurales, edificaciones, etc) y comenzar a caminar por un sendero muy cerrado y poco intervenido (Fig. 7 B) hasta que los LEDs indicadores de recepción dejaron de encenderse.

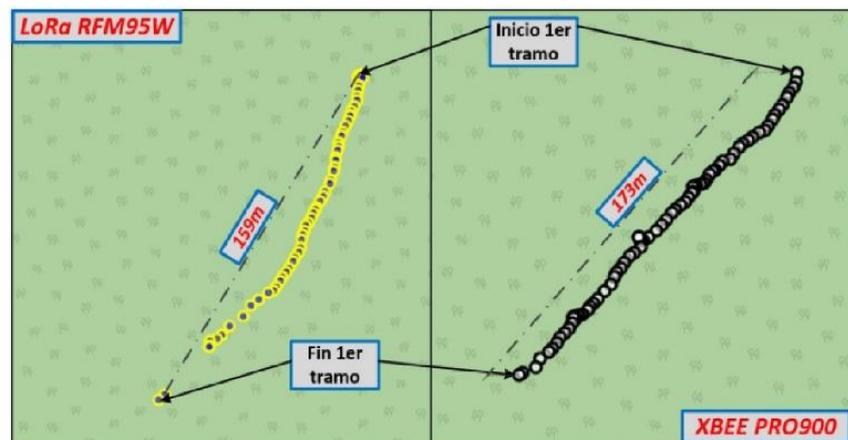
Sergio Moya.: Jornadas de Investigación Desarrollo Tecnológico Extensión y Vinculación - Vol1-Año 2020-ISSN 2591-4219

La Figura 8A muestra el punto de partida de los recorridos utilizados para evaluar las comunicaciones en ambiente selvático, y la Figura 8B un sector del sendero, mientras los alumnos configuran las placas para comenzar las mediciones.

Las distancias máximas logradas en este ambiente de vegetación densa se pueden ver en la Figura 9 A y B, las cuales muestran los puntos de GPS en donde se lograron recepciones correctas. Como se puede ver, el módulo con una dispersión de datos más continua fue el Xbee PRO900, aunque la distancia máxima de comunicación con este módulo fue de 173 metros. Por otro lado, el módulo Lora RFM9, que al igual que el Xbee trabaja en la banda de los 900MHz, logró una distancia máxima de 159 metros y con un sector en donde no se recibieron datos. El mejor desempeño se observó para los módulos LORA funcionales en la banda de 410 – 525 MHz, los cuales lograron distancias de 237 metros para el caso del LORA Ra02 V1 y 265 metros para el LORA Ra02 V2, este último con sectores de no recepción entre medio (Figura 8 A).



A) Puntos de GPS para módulos LORA V1 y V2



B) Puntos de GPS para módulos LORA RFM9 y Xbee PRO900

Fig. 8. Puntos de GPS adquiridos durante los ensayos. Cada punto corresponde a un paquete de datos recibido correctamente.

Los resultados de RSSI y SNR, para los módulos LORA se muestran en la Figura 9. Como se puede observar, los módulos que trabajan en los rangos de frecuencia de 410 – 525 MHz superaron en distancia de comunicación a los módulos que trabajan al doble de esas frecuencias, lo cual está de acuerdo con la Figura 8.

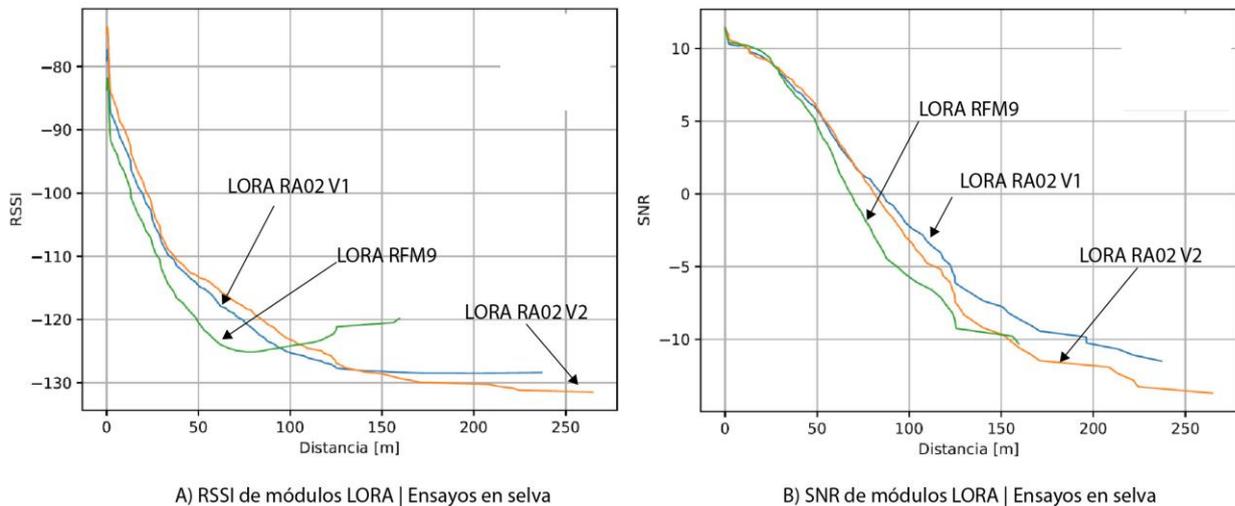


Fig. 9. Curvas de RSSI y SNR en función de la distancia para los ensayos en ambiente selvático.

5. Conclusiones

En este trabajo se presentaron ensayos de comunicación inalámbrica utilizando módulos comerciales (LORA y Xbee) de baja potencia en las bandas de 410 – 525 MHz y 862 - 968 MHz en ambiente selvático tipo subtropical. Mediante la medición de parámetros como el posicionamiento GPS, la potencia de señal recibida (RSSI) y la relación señal ruido (SNR), se pudieron obtener los primeros resultados y aproximaciones a las capacidades del canal inalámbrico en ambientes de selva densa y húmeda, información elemental para implementaciones de monitoreo remoto a desarrollar en próximos trabajos. Los resultados muestran que en ambiente urbano, las comunicaciones con módulos de baja potencia (menores a 100mW.) son posibles a distancias aproximadas de 600 a 700 metros, mientras que en el momento de intentar establecer estas comunicaciones en ambiente selvático, estas distancias decrecen a la mitad, y se concluye que la mayor eficiencia y distancia se logra para los módulos que trabajan en la banda de 400 MHz.

Agradecimientos

Este trabajo es posible gracias a los aportes provenientes del Proyecto de Desarrollo Tecnológico y Social (PDTs) titulado “Red de Sensores Autónomos para Monitoreo Medioambiental y de Actividad Ilegal en Parques Nacionales, Provinciales y Reservas Naturales” bajo el código 16/I166 – PDTs. Se agradece al Departamento de Electrónica y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones (UNaM) y a la Facultad de Ciencias Forestales (UNaM) por la facilitación de las instalaciones y recursos para trabajos en campo.

Referencias

- [1] J. V. B. N. H. Paula Campanello, "¿Es posible el uso sostenible del bosque en Misiones?," *Ecología Austral*, vol. 29, pp. 122-137, 2019.
- [2] R. C. Vera, "Estudio ecológico del ocelote (*Leopardus pardalis*) utilizando el método de cámaras trampa en el distrito de Las Piedras, Madre de Dios - Perú," *Espacio Y Desarrollo*, vol. 29, pp. 153-178, 2017.
- [3] X. Z. H. L. D. Yan, "Acoustic recordings provide detailed information regarding the behavior of cryptic wildlife to support conservation translocations," *Sci Rep*, vol. 9, pp. 51-72, 2019.
- [4] C. B. S. M. Gustavo Bazante, "Grabador de Audio Estéreo Autónomo para Estudios Medioambientales en Selvas," 2019.
- [5] J. K. J. M. P. J. P. G. Sergio Moya, "Algoritmo de Detección Off-line de Disparos de Arma de Fuego en Audio," in *ARGENCON 2018*, 2018.